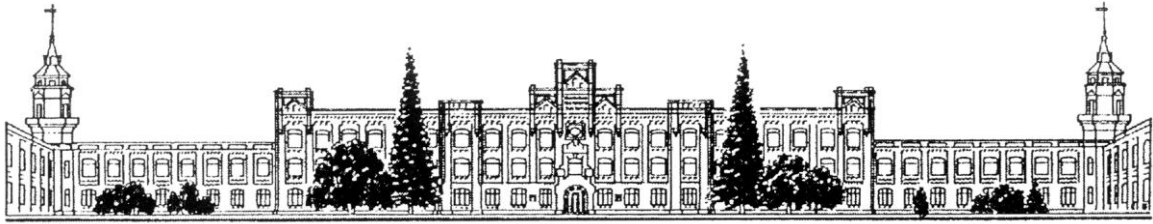


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**



**МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ.**  
**Конспект лекцій з навчальної дисципліни**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для  
підготовки магістрів, які навчаються за спеціальністю*

*133 – «Галузеве машинобудування»»,  
спеціалізація – «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання  
виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів»*

*(заочна форма навчання)*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Методологія проектування. Конспект лекцій з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для підготовки магістрів заочної форми навчання, які навчаються за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування», спеціалізація – «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І. О. Казак. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,53 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 46 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 24.05.2018 р.) за поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету (протокол № 4 від 23.04.2018 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

**МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ.**  
**Конспект лекцій з навчальної дисципліни**

Укладач:  
Відповідальний редактор  
Рецензенти:

*Казак Ірина Олександрівна, канд. пед.наук*  
*Сідоров Д.Е., канд. техн. наук, доц.*  
*Степанюк А.Р., канд. техн. наук, доц.*

Призначення посібника – закріпити та поглибити теоретичний програмний матеріал. Також важливим результатом посібника є систематизація теоретичного навчального матеріалу з метою підвищення рівня засвоєння навчального матеріалу, розвиток наукового мислення студентів.

Посібник містить описи 5-х комплексних тем. У темі 1 висвітлюються теоретичні питання щодо методів проектування і їх значення для інженерного дослідження. Тема 2 присвячена розгляду понять проект та проектування. системного та структурного аналізу машин. У темі 3 розглянуті питання щодо системно-ієрархічного підходу при проектуванні. У темі 4 висвітлюються методи пошуку принципових проектних рішень. У темі 5 розглянуто особливості оформлення текстової технічної документації в процесі проектування.

Для якісного виконання самоконтролю студентів запропоновані контрольні запитання до кожної представленої теми. У кінці посібника наведено перелік рекомендованої літератури до усіх тем.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018

## ВСТУП

Навчальна дисципліна (кредитний модуль) «Методологія проектування» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів заочної форми навчання з галузевого машинобудування з кваліфікацією інженер-дослідник за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів».

Навчальна дисципліна «Методологія проектування» для спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», входить до циклу професійної підготовки і відноситься до навчальних дисципліни професійної та практичної підготовки.

Вивчення курсу базується на широкому використанні фізичних уявлень та теоретичних положень фундаментальних, інженерних і профілюючих дисциплін, що розкривають фізичну сутність процесів, які протікають при проектуванні технологічного обладнання.

Міждисциплінарні зв'язки: навчальній дисципліні «Методологія проектування» передують навчальні дисципліни, такі як: «Математика», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Інформатика», «Опір матеріалів», «Деталі машин», «Гідравліка та приводи механотронних систем», «Теоретичні основи теплотехніки», «Механіка твердого деформованого тіла», «Технологічні основи машинобудування», «Сучасні методи розрахунку процесів і апаратів», «Процеси, апарати і машини галузі».

*Мета дисципліни* – формування у студентів здатностей:

- здатність в умовах розвитку науки і змін соціальної практики набувати новий досвід і знання з техніки і технології з використанням як класичних, так і нових засобів і технологій навчання;
- здатність до пошуку і аналізу науково-технічної інформації;
- здатність до самостійної, індивідуальної роботи, прийняття рішень в рамках своїх задач професійної діяльності.

*Основні завдання навчальної дисципліни.*

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

*знання:*

- етапи проектування при розробці нових машин та модернізації діючого обладнання;
- шляхи вдосконалення процесу проектування механічного устаткування;
- системного та структурного аналіз машин;
- конструювання деталей машин на основі системного підходу;
- рівні структурного аналізу машин, INTERNET і САПР;
- оформлення документації згідно вимог ЄСКД.

*уміння:*

- формулювати вимоги до проекту, виконувати вибір варіантів об'єкту професійної діяльності, використовуючи наявні технічні рішення та джерела технічної інформації, з урахуванням поставленої задачі, за допомогою діючих правил та норм.

- підібрати науково-технічну інформацію за заданою тематикою, використовуючи існуючі джерела інформації, за відповідними стандартами й правилами роботи в умовах науково-технічної бібліотеки та(або) місця користувача ПК з доступом до всесвітньої мережі.

*досвід:*

- збір, обробка, аналіз і систематизація науково-технічної інформації;
- спілкування за професійною проблематикою;
- оформлення конструкторської документації;
- вибір і призначення технологічних процесів і технологічного обладнання.

В дисципліні значна увага приділяється виявленню і використанню взаємозв'язку між окремими спеціальними дисциплінами в процесі проектування машин і апаратів хімічного машинобудування. Крім того вона включає індивідуальні методи досліджень і рішення задач самого процесу проектування його удосконалення, підвищення ефективності. Сюди входять такі розділи, як технологічне проектування, системний підхід та інше, які представляють значний інтерес для сучасного інженера, проектувальника чи конструктора.

Посібник містить описи 5-х комплексних тем. У темі 1 висвітлюються теоретичні питання щодо методів проектування і їх значення для інженерного дослідження. Тема 2 присвячена розгляду понять проект та проектування. системного та структурного аналізу машин. У темі 3 розглянуті питання щодо системно-ієрархічного підходу при проектуванні. У темі 4 висвітлюються методи пошуку принципових проектних рішень. У темі 5 розглянуто особливості оформлення текстової технічної документації в процесі проектування.

Для якісного виконання самоконтролю студентів запропоновані контрольні запитання до кожної представленої теми. У кінці посібника наведено перелік рекомендованої літератури до усіх тем.

Цей конспект лекцій підготовлений на основі існуючих матеріалів навчально-технічної літератури, а також матеріалів лекцій щодо методології проектування.

## ТЕМА 1. МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ І ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

**Проектування** являє собою послідовність виконання взаємообумовлених дій - процедур. У свою чергу, процедури передбачають використання певних методів, заснованих на тих чи інших законах природи і суспільства.

**Метод** - це прийом або спосіб дії з метою досягнення бажаного результату. Його вибір залежить не тільки від виду розв'язуваної задачі, а й індивідуальних рис розробника (його характеру, організації мислення, схильності до ризику, здатності приймати рішення і нести за них відповідальність і т.п.), умов його праці та оснащеності засобами оргтехніки.

**Складність процесу проектування** (як і будь-який іншої творчої діяльності) полягає в нестандартності проектних ситуацій, які викликають необхідність знання і володіння різними методами: *евристичними, експериментальними, формалізованими*.

**Евристичні методи** оперують поняттями і категоріями (абстрактними, конкретними).

**Формалізовані методи** - конкретними параметрами або їх групами.

**Експериментальні методи** - фізичними (та іншими) об'єктами і їх характеристиками.

Застосування методу дозволяє знайти те чи інше рішення. Ті методи, які будуть володіти відмінними характеристиками і високою ефективністю, часто називають сильними рішеннями. Застосування методу завершується вибором остаточного варіанту, тобто прийняттям рішення.

**Психологічні чинники творчої діяльності.**

На творчі здібності впливають спадковість, навколишнє природне і соціальне середовище, науково-технічна підготовка, ступінь розвитку уяви, здатність мислити образно і інші фактори. При цьому образність мислення сильно розвивають практичний досвід і мистецтва: впершу чергу - пластичні: живопис, графіка, скульптура. Однак у творчому процесі важливі не тільки здібності, але і знання факторів, які можуть перешкодити успішному досягненню мети. Г.Я. Буш виділяє ряд неефективних стратегій вирішення завдань проектування і синдромів, що породжують бар'єри творчості.

**Неефективні стратегії стосовно до людини з європейським складом характеру:**

- стратегія осла Бурідана - перевага існуючого положення всяким змінам;
- стратегія Одиссея - очікування випадкового оселення творчою ідеєю;
- стратегія Обломова - байдужість до суспільно значущим цілям;
- стратегія Антисфена - не зраджувати зовнішній світ, а внутрішньо пристосовуватися до нього.

Синдроми (поєднання ознак із загальним механізмом виникнення), що породжують **перешкоди прояву або розвитку творчості**: • ситуативні бар'єри - географічні, відомчі, режимні, бюрократичні, отримання і розуміння інформації, роз'єднання творчого колективу в просторі, шкідливого впливу зовнішнього і соціального середовища, ситуаційний антагонізм у творчому

колективі: • контрсугестативні бар'єри - упередження, невіра в свої сили, недовіра до колег, егоцентризм, нігілізм, замкнутий спосіб життя, відсутність гумору, апатія; • тезаурусні бар'єри - низький рівень інтелектуального розвитку, відсутність навичок громадської і творчої діяльності, неясне усвідомлення власних цілей, відсутність особистого фонду власних евристичних методів; • бар'єри комунікабельності - невміння планувати і організовувати колективне вплив, творча взаємодія і дружнє змагання, відсутність контактів з інформаційними та патентними службами, невикористання можливостей обміну досвідом та консультацій фахівців. Бар'єри не завжди легко переборні, але зазвичай є можливість зменшити накладаються ними обмеження. *Успіх також залежить і від особистих якостей інженера. Найбільш важливі наступні риси характеру:* • впевненість у необхідності і можливості вирішення задачі; • свобода від забобонів; • здатність приймати рішення і нести за них відповідальність.

**1. Евристичні методи** засновані на підсвідомому мисленні, не допускають алгоритмізації і характеризуються неусвідомленим (інтуїтивним) способом дій для досягнення усвідомлених цілей. Поняття «евристика», що в перекладі з грецького означає «відшукую», «відкриваю», вперше зустрічається в 300 р н.е. в працях грецького математика Паппа, хоча і він уже посиляється на своїх попередників.

*Часто евристичні методи ще називають методами інженерного (винахідливого) творчості.* Евристичні методи та моделювання притаманні тільки людині і відрізняють його від штучних інтелектуальних (мислячих) систем. *В даний час до сфери людської діяльності відносять:* • постановку задачі; • вибір методів її рішень і побудова (розробка) моделей і алгоритмів, висування гіпотез і припущень; • осмислення результатів і прийняття рішень. Варто відзначити, що важливою особливістю саме людської діяльності є наявність у ній елемента випадковості: незрозумілі вчинки і навіжені рішення часто лежать в основі оригінальних і несподіваних ідей. Однак з розвитком обчислювальної техніки виконання все більшого числа функцій беруть на себе автоматичні системи, при цьому виконуючи роботу швидше і ефективніше людини. Завдання людини як homo sapiens - насамперед, вдосконалюватися в евристичних процедурах, а не у виконанні 2 алгоритмізованих операцій, щоб згодом не виявитися витісненим «розумної» технікою. Експериментальні методи засновані на використанні реальних об'єктів і фізичних (хімічних, соціальних і т.д.) моделей. Незважаючи на складність, тільки вони дозволяють отримати найбільш достовірні і надійні вихідні дані та результати рішень, служать основою для розробки інших методів і моделей. Однак слід пам'ятати, що ступінь об'єктивності результатів досліджень залежить від грамотності постановки і проведення експерименту і обробки його результатів. Знання законів, що лежать в основі роботи досліджуваних об'єктів і процесів, дозволяє використовувати формалізовані методи. Такі методи будуються на основі чітких вказівок допомогою мови схем, математичних формул, формально-логічних відносин і алгоритмів. Головною їх рисою є незалежність одержуваних результатів від індивідуальних рис людини. Зазвичай завдання з

повністю формалізованим рішенням перестають цікавити людини, їх відносять до розряду рутинних. Оскільки експериментальні та формалізовані методи використовуються людиною, то в них в тій чи іншій мірі присутній елемент евристики. Людина може як посилювати ефективність вирішення завдяки творчому початку, так і вносити помилки і спотворювати результати (свідомо чи несвідомо) в силу суб'єктивності. Спільне використання в процесі проектування формалізованих і евристичних методів називають еврорітмом.

**Евристичні методи** Довгий час в основі творчості лежали методи проб і помилок, перебору можливих варіантів, очікування осяяння і робота за аналогією. Так, Едісон провів близько 50 тисяч дослідів, поки розробляв пристрій лужного акумулятора. А про винахідника вулканізованої гуми Чарльза Гудієра (Goodyear) писали, що він змішував сиру гуму (каучук) з будь-яким траплялося йому під руку речовиною: сіллю, перцем, цукром, піском, касторовою олією, навіть з супом. Він слідував логічного висновку, що рано чи пізно перепробує все, що є на землі і, нарешті, наткнеться на вдале поєднання. Проте з часом такі методи почали приходити в протиріччя з темпами створення і масштабами сучасних об'єктів. Стали вироблятися рекомендації, що дозволяли більш усвідомлено підходити до проектування як творчої діяльності.

Найбільш інтенсивно пошуком нових методів зайнялися з другої половини 20 століття, причому не тільки за допомогою вивчення прийомів і послідовності дій інженерів та інших творчих працівників, а й на основі досягнень психології і фізіології мозку. Зараз практично у всіх процвітаючих фірмах, зайнятих створенням матеріальної і нематеріальної (програми, методики) продукції, пошук нових ідей і рішень ведеться за допомогою тих чи інших евристичних методів. А для сучасного інженера знання цих методів стає настільки ж необхідним, як і вміння писати і читати. Навіть журналісти, художники, бізнесмени та представники інших професій, хто гостро потребує оригінальних ідей, активно використовують такі методи.

**Результати творчої діяльності У науці і техніці виділяють наступні результати творчої діяльності:**

- **Відкриття**, тобто встановлення раніше невідомих об'єктивних закономірностей, властивостей і явищ матеріального світу з обов'язковим експериментальним підтвердженням. **Відкриття**, в основному, є продуктом наукової діяльності, але вирішальним і революційним чином визначає розвиток техніки. На відкриття існує пріоритет (право першості), але немає права власності на використання;
- **винахід**, тобто нове і володіє істотними відмінностями технічне рішення задачі, яке не є очевидним наслідком відомих рішень. **Винахід** відноситься до об'єктів інтелектуальної власності і на нього розповсюджується авторське право (монопольне право власності на використання). *Зміст винаходу публікується. Винахіднику видається патент, який свідчить про його право і пріоритеті на винахід (раніше в нашій країні замість патенту видавали авторське свідоцтво).* Авторське право може бути віддана (продано). Винахід може бути використано в комерційних цілях тільки з дозволу патентовласника на основі ліцензійного договору;
- **раціоналізаторську пропозицію**, тобто пропозиція щодо поліпшення конструкції реального виробу або процесу його виготовлення, що не містить істотно нових рішень (з недостатньо істотними

відмінностями) і з незначною ефективністю. Часто як рацпропозиції оформляють застосування рішення, невідомого на даному підприємстві, але відомого в інших місцях (але слід бути обережним з можливим порушенням авторських прав). Поняття рацпропозиції існує всього в декількох країнах як спосіб заохочення винахідництва і залучення в нього широкого кола працівників підприємства; • ноу-хау (know-how, «знаю, як»). Під цим терміном зазвичай мають на увазі технічну, організаційну або комерційну інформацію, що становить секрет виробництва (будь-якого) і має комерційну цінність (ноу-хау не відноситься до державних секретів). На відміну від патенту на винахід, на ноу-хау існує тільки право на захист майнових інтересів у разі їх незаконного отримання та використання.

***В даний час розроблено і ефективно використовується кілька десятків евристичних методів. Універсальних серед них немає, і в кожній конкретній ситуації слід пробувати застосувати ряд методів - основне їхнє призначення полягає в активізації творчої діяльності. Це досягається наступними заходами:***

- подолання психологічної інерції, обумовленої звичними способом мислення і типовими методами вирішення завдань певного класу. Помічено, що близько 80% нововведень спочатку фахівцями заперечується як нереальні. Інерцію розвивають і підсилюють: - Рецептне навчання і проектування за аналогією; - Підсвідома віра в те, що кожна річ і явище служать строго визначеної мети; - Усталена термінологія. Ф. Енгельс писав: «У науці кожна нова точка зору тягне за собою революцію в технічних термінах»;

- мобілізація підсвідомості. Людина усвідомлює тільки ті процеси, які протікають в корі головного мозку, що містить близько 10% нервових клітин. Інша частина клітин відноситься до підсвідомості. Але обидві ці частини мозку пов'язані між собою, що і можна використовувати як резерв людських можливостей. Проте слід бути обережним, так як помічено, що тривале активно-примусове залучення підсвідомості призводить до психічних відхилень;

- розширення перспектив бачення, чому перешкоджає надмірна спеціалізація освіти і вузькопрактичний підхід. Необхідно застосування різноманітних методів, розширення області пошуку нових ідей і збільшення їх кількості. Людська думка не стоїть на місці - евристичні методи все далі удосконалюються і розвиваються: від загальних рекомендацій - до послідовності дій, далі до алгоритмізованим методам і, нарешті, до створення штучного інтелекту.

*Наведемо короткий опис і характеристику основних методів, знання яких мінімально необхідно як у власній діяльності, так і для розуміння принципів роботи інтелектуальних систем.*

## **2. Метод ітерацій (послідовного наближення)**

***Процес проектування ведеться в умовах інформаційного дефіциту, який проявляється в наступному:***

- неможливість заздалегідь точно вказати умови роботи проектного об'єкта, не знаючи його конкретного виду та пристрої (вихідні дані залежать



від виду кінцевого рішення); • виявлення у процесі проектування суперечливих вихідних даних, тобто неможливість досягнення технічного рішення при спочатку запропонованих даних, що опинилися взаємовиключними;

- поява в процесі проектування необхідності врахування додаткових умов і обмежень, які раніше вважалися несуттєвими;

- перерозподіл за ступенем важливості показників якості, так як може з'ясуватися, що показник, що раніше вважався другорядним, дуже важливий (і навпаки).

Така невизначеність в процесі проектування усувається за допомогою виконання ітераційних процедур. Спочатку завдання вирішується при можливих значеннях вихідних даних і обмеженому числі врахованих чинників (перший цикл ітерацій, так зване «перше наближення»). Далі повертаємося в початок завдання і повторюємо її рішення, але вже з уточненими значеннями вихідних даних та переліком факторів, знайденими на попередньому етапі (другий цикл ітерацій, «друге наближення»). і т.д. Число циклів ітерацій залежить від ступеня невизначеності початкової постановки задачі, її складності, досвіду і кваліфікації проектувальника, необхідної точності рішення. У процесі наближень можливо не тільки уточнення, але і відмова від початкових припущень. Якщо хочуть підкреслити, що початкове рішення задачі виконувалося в умовах повної або великої невизначеності, перший цикл ітерацій називають «нульовим наближенням». Не треба боятися ітерацій у своїй роботі, оскільки ще жоден технічний об'єкт (а також законопроект, книга і т.д.) не був створений з першого разу. З іншого боку, бажано не захоплюватися ітераціями при виконанні дорогих або тривалих проектних робіт. В окремому випадку, коли немає ніяких припущень щодо вирішення завдання.

Метод послідовних наближень можна сформулювати у вигляді поради: - *Якщо не відомо, що і як робити (немає ідей, даних, визначеності і т.п.), візьміть в якості вихідного рішення будь-яке відоме (ідею, схему, дані, ...) або припустите яке-небудь (але бажано розумне) рішення задачі. Проаналізувавши обране рішення на відповідність умовам завдання, стане видно, що вас у ньому не влаштовує і в якому напрямку його треба покращувати.*

### **3. Метод контрольних запитань**

Як відомо, стародавні греки вважали наймудрішою людиною на світі Сократа, а той вважав, що вміє в житті робити добре тільки одне - ставити запитання. За їхньою допомогою співрозмовники самі знаходили істину. Можливо, відсутність під рукою у кожного винахідника свого Сократа спонукало ряд винахідників пошукової діяльності замінити співрозмовника-мудреця на список контрольних запитань [25]. **Метод контрольних запитань (МКЗ) - один із методів психологічної активізації творчого мислення.** Його мета - за допомогою навідних питань підвести до розв'язку задачі. Списки таких питань пропонувалися з 20-х років минулого століття. МКЗ може застосовуватись у вигляді монологу винахідника, у вигляді промови, зверненої до самого себе, наодинці з собою, або у вигляді діалогу винахідників, наприклад, в серії запитань, що задаються керівником мозкового штурму

членам групи „генераторів ідей». Широко відомі списки контрольних запитань, які пропонували А.Осборн, Д.Пірсон, Е.Раудзенц, Г.Буш та ін. Наприклад, список автора мозкової атаки А.Осборна утримує 9 груп запитань [4,25]: „1. Яке нове застосування технічному об'єкту ви можете запропонувати?... 3. Які модифікації технічного об'єкта можливі?... 5. Що 7 можна в технічному об'єкті зменшити?...». Остання з вище згаданих груп містить зокрема такі запитання: Що можна змінити? Чи можна що-небудь ущільнити? Стиснути? Згустити? Сконцентрувати? Зменшити? Прискорити? Звузити? Розробити? І т.д. Одним з кращих можна вважати список запитань, складений англійським винахідником Т.Ейлоартом. Це свого роду програма роботи талановитого винахідника, який з фантастичною наполегливістю намагається розв'язати задачу методом спроб і помилок. Деякі запитання потребують розвинутої уяви, інші - глибоких і різнобічних знань. Список контрольних запитань по Т.Ейлоарту наведено в [4,26] і з ним можна ознайомитись самостійно. В сучасних умовах МКЗ може бути використаний лише на початкових стадіях постановки або розв'язування технічно нескладних задач. Справа в тому, що будь-яке формулювання запитання звичайно має на увазі можливі одноразові зміни об'єкта. Розв'язування складних задач вимагає комбінації змін. І хоча в питаннях пропонується розглянути такі комбінації, але не пропонуються методичні рекомендації, як це зробити і як оцінити отримані результати. Однак фрагменти із списків контрольних запитань і навіть цілі списки входять до складу низки сучасних складніших і ефективніших методів пошуку. Тому застосування списків іноді відносять до методів ліквідації безвихідних ситуацій. І тут можна привести пораду Ходжі Насреддіна: „Якщо тобі потрібно прийняти важливе рішення, - обов'язково порадься з дружиною, вислухай її дуже у важно...і зроби навпаки».

#### **4. Метод мозкового штурму**

**Мозковий штурм (МШ) відомий і під такими назвами, як мозкова атака, брейнстормінг, брейн-ринг, облога мозку, метод обміну думками тощо, застосовується для отримання нових ідей в науці, в техніці, в адміністративній і торговельній діяльності. МШ, як один із популярних методів психологічної активізації колективної творчої діяльності, запропонований американським підприємцем і винахідником А.Осборном у 1951 році, хоча він почав розроблятися на рубежі 30-х - 40-х років. Метод мозкового штурму застосовувати не дуже важко. Для цього потрібне невелике тренування. Але часто цей метод ні до чого не приводить. В основі МШ лежить припущення, що розв'язок завдання можна отримати, даючи вихід з підсвідомості направленою потоку ідей. А.Осборн розумів, що лише невеликий відсоток людей вдатний висловити нові, ще сирі, не сформульовані думки. І тут з'являється парадокс: щоб зменшити упорядкованість мислення, пануючу в свідомості, яка спрямовується психологічною інерцією, і допомогти новим ідеям прорватися із підсвідомості в свідомість, необхідно внести порядок в саму процедуру МШ, ввівши деякі правила:**

*Перше правило.* Ніяка критика й винесення суджень, сприятливих або несприятливих, в процесі генерування ідей не допускаються. Коли критика не допускається, будь-яка ідея добра і її легше висловити.

*Друге правило.* При МШ потрібно якомога більше ідей. Потрібні різноманітні ідеї і думки, які необхідно висловлювати вільно, не скуто, не задумуючись. В одному американському посібнику з мозкового штурму говориться: «99% ваших конструктивних ідей виникають подібно електричній іскрі при контакті з думками інших людей»[2].

*Третє правило.* Члени групи не повинні бути дуже глибоко пов'язані один з одним і особисто зацікавлені у завданні, що розглядається. Вони повинні мати уявлення про завдання, знати й розуміти його, але не зобов'язані бути фахівцями у цьому напрямку, хоч і не повинні бути невігласами.

Завдання послідовно розв'язують дві групи людей по 4-15 чоловік в кожній. Допускається й менше, й більше число учасників. Перша група тільки висуває різноманітні ідеї - це група «генераторів ідей». В ній бажано мати людей, схильних до абстракції і з буйною фантазією (екстравертів). Сюди потрібно включити й суміжників (конструктора, технолога, економіста і постачальника) і одного-двох чоловік «зі сторони», що не мають ніякого відношення до завдання (лікаря, перукаря, поштового працівника). Ця група «штурмує» завдання на протязі 20-50 хвилин з регламентом 2 хвилини на ідею, які фіксуються в протоколі, або записуються на магнітофон.

Друга група після закінчення «штурму» виносить думку про цінність висунутих ідей. Це група «експертів», сюди краще включати людей з аналітичним, критичним складом розуму (інтровертів). У завдання експертів входить не тільки оцінка ідей, але й аналіз прихованих можливостей в кожній пропозиції. Тому фахівці-експерти повинні дати свої висновки з висунутих ідей і детально розібрати їх, обов'язково вишукуючи в них раціональні зерна, що містить будь-яка ідея, якою б парадоксальною вона не була. Процесом розв'язання завдання управляє керівник, який ставить запитання, інколи підказує, направляє дискусію в потрібному напрямку, слідкуючи за тим, щоб висловлювались не тільки дуже практичні ідеї, а й фантастичні і непрактичні, які можуть дати поштовх іншим ідеям. Якщо завдання не розв'язане в процесі «штурму», то його можна повторити, але краще з іншим колективом. Для активізації процесу генерації ідей в процесі «штурму» рекомендується використовувати розглянуті вище прийоми, які з успіхом використовуються винахідниками (інверсія, емпатія, аналогія, уява та фантазія). На перший погляд може здатись, що мозкова атака - інструмент не дуже серйозний, екзотичний і не дуже прийнятний для земних винахідницьких і раціоналізаторських задач. Але це не так. З її допомогою можуть розв'язуватись досить різноманітні, в тому числі й досить складні завдання. Більше того, деякі керівники науково-технічних колективів стихійно використовують правила мозкової атаки у своїй роботі, не будучи знайомими з ідеями Осборна, влаштовують «неофіційні» наради в домашній атмосфері, за чашкою чаю і доброзичливо розглядають будь-яку висунуту ідею при розв'язанні гострих науково-технічних питань. При цьому часто запрошуються на такі наради і не фахівці, а люди «зі сторони», які

не мають досвіду з розв'язання поставленого завдання. До речі, багатьма творцями науки і техніки у різних формах висловлювалась думка про те, що неочікувані вирішення знаходять частіше не фахівець, а той, хто не знає того, що дана задача не розв'язується. І можна навести чимало прикладів на користь цієї думки.

Приклад. Так, у США в зв'язку із проблемою збільшення транспортних перевезень морським шляхом при втратах суден, під час 2-ої світової війни виникла гостра проблема в прискоренні виробництва нових суден. А суднобудівники будували судна на стапелях дуже повільно. Будівництво же нових стапелів в свою чергу вимагало багато часу. До вирішення задачі запросили автомобілебудівників. І вони запропонували технологію будівництва суден в строк, який був майже на порядок менший. Відомий і такий факт, коли Форд вимагав від своїх конструкторів створити автомобіль масою в 1 т, а вони не могли зробити автомобіль легший 1,5 т. Тоді Форд запросив авіаконструкторів і вони ніяк не могли сконструювати автомобіль, важчий 500 кг.

Все ж ефективність МШ визначається не тільки запрошенням «сторонніх». На час сесії створюється атмосфера невимушеного обміну думками, коли значно легше варіювати й комбінувати ідеї, висловлені учасниками різних спеціальностей. Тому під час МШ за 30...50 хвилин висувається від 50 до 150 різних ідей, 10-15% з яких можуть бути не позбавлені глузду й прийняті до розроблення. При індивідуальній роботі за цей час висувається не більше 10... 20 ідей. В 50...60-х роках ХХ століття МШ вважався досить ефективним і перспективним методом пошуку нових технічних рішень. *Поступово вияснилось, що складні винахідницькі задачі цим методом розв'язати не вдається. Нині вважається, що МШ - це легкий і надзвичайно швидкий спосіб колективного пошуку різноманітних ідей при вирішенні не особливо складних технічних, наукових і організаційних завдань.* Недаремно в останній час МШ широко й ефективно використовується в телеіграх „Що, де, коли?» і «Брейн-ринг». Але він не прижився в телепередачах при розв'язуванні складних технічних завдань. Здійснювались численні спроби модернізувати метод, розширити його можливості, підвищити ефективність. З'явився ряд різновидів МШ, в тому числі індивідуальний, парний, масовий, поетапний, з додатковим збором пропозицій тощо. Загальним для всіх різновидів ефектом є деяке розширення можливостей методу і «дожимання», розвиток цінних ідей при продовженні роботи над ними після основного «мозкового штурму». 10 Так, наприклад, в процесі одного МШ за 44 хвилини було подано 105 пропозицій, а наступного дня ще 23, 4 з яких виявились кращими будь-якої з перших 105 пропозицій. В зв'язку з цим, рекомендується після мозкового штурму проводити додатковий збір пропозицій учасників на другий день. Питання про авторство і пріоритет рішень, знайдених в результаті «мозкового штурму», є дуже важливим і складним. Тому й рекомендується проводити мозковий штурм групами по 5-15 чоловік, де вже легше вирішити питання про авторство.

*Метод МШ краще всього використовувати для розв'язування завдань, які не є точними або спеціальними, і взагалі, нескладних задач.* Наприклад, для його застосування *більше підходить завдання* такого типу: «Якою уявляється конструкція нової машини?» або «Як змінити планування дільниці, цеху для покращання умов праці і підвищення ефективності використання виробничих площ?» і *гірше підходять вузькі завдання*: «Яким чином можна зменшити рівень шумів в осцилографі, який використовується для перевірки телевізійних кінескопів?». Нині, коли появились десятки інших більш складних і детально розроблених методів і прийомів пошуку нових технічних рішень, «мозковий штурм» в його початковому чистому вигляді для розв'язування винахідницьких задач використовується не дуже широко. Але цей метод вивчається, як і колись, в числі перших при підготовці фахівців із сучасної технології винахідництва.

**5. Метод морфологічного аналізу.** Одним із найважливіших елементів творчої діяльності, будь-то наукової чи інженерної, є класифікування. Недаремно багато талановитих діячів науки й техніки люблять все піддавати класифікуванню. Ландау, наприклад, в студентські роки склав класифікацію зануд. До першого класу зарахував «гнусів» - нахаб, забіяк, скандалістів, до другого – «моралістів» (виділяють продукт моралі – «моралін»), до третього – «пісників», які відрізняються незадоволенням, пісним виразом обличчя, і до четвертого – «образливих» (завжди на кого-небудь ображаються) [29]. Класифікування дозволяє швидше і точніше орієнтуватись у великій різноманітності понять і фактів. Відмінним прикладом корисності класифікування є відкриття Д.І.Менделєєвим періодичної системи елементів, яка була збудована після впорядкування хімічних елементів по атомній вазі і класифікування по валентності. Не випадково, морфологічний аналіз (МА), один з найбільш поширених методів технічного пошуку, базується на класифікуванні й відноситься до раціональних методів пошуку нових технічних рішень. Термін «морфологія» (вчення про форму: від грецького *morphe* - форма і *logos* - вчення) увів у 1796 році Гете - основоположник вчення про форму й будову рослин і тварин - морфології організмів. Це не поодинокий випадок, коли словотворчість поета дістала широке визнання й розповсюдження в 11 багатьох науках: в подальшому з'явилась морфологія людини, морфологія ґрунтів тощо. Вперше МА було використано для розв'язування технічних завдань у 1942 році, коли Фріц Цвіккі почав розробляти ракетні двигуни у фірмі „Аероджент інжинірінг корпорейшен». Автор нового методу пошуку Ф.Цвіккі, відомий швейцарський астрофізик, не дав розгорнутого визначення поняття „морфологічний аналіз». Він лише вказав, що цей метод дозволяє знаходити всі варіанти вирішення проблеми. За допомогою МА вченому вдалось за короткий проміжок часу отримати значну кількість оригінальних технічних рішень у ракетобудуванні, чим він дуже здивував керівників фірми. В 1943р. він побудував морфологічну матрицю (ящик) для реактивних двигунів, що працюють на хімічному паливі, яка містила 576 можливих варіантів, в числі яких були і схеми секретних тоді німецьких літаків-снарядів ФАУ-1 і ракети ФАУ-2, а в 1951 р. він склав морфологічний ящик, у якому містилось 36864 типи реактивних двигунів [1].

**Суть морфологічного аналізу полягає в тому, що у технічній системі, яка проектується або удосконалюється, виділяють декілька характерних для неї структурних, морфологічних ознак, тобто ознак будови системи.** По кожній морфологічній ознаці складають список конкретних варіантів технічних рішень цих ознак. Варіанти морфологічних ознак будують у вигляді таблиці або наносять на систему координат, що дозволяє краще уявити пошукове поле. *Перебираючи всілякі сполучення варіантів, можна виявити нові розв'язки завдання, які при простому переборі можуть бути втрачені.*

Наприклад, розглянемо метод МА для прогнозування розвитку пристроїв для розкрою тканин в легкій промисловості. Виділимо основні морфологічні ознаки, вкажемо конкретні варіанти й дамо їх у вигляді табл.1.

Таблиця 1. Морфологічна таблиця (ящик) пристроїв для розкрою індекс ознаки

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8
А Різальний інструмент	Ніж різальний	Ніж стрічковий	Ніж дисковий	Ніж вирізний	Ножиці	Лазерний промінь	Струмінь	Мікроплазма
Б Привід різального інструменту	Ручний	Електричний	Гідравлічний	Механічний	Пневматичний прес	Вирубний	Електро-магнітний	
В Керування	Ручне					Автоматичне		На ПЕОМ
Г Кількість розкроїв полотна	Одне					Декілька		

У табл.1 Морфологічна ознака - Варіанти 1 2 3 4 5 6 7 8(А, Б, В, Г).

Для варіанту А - Різальні інструменти: прямий ніж, стрічковий ніж, дисковий ніж, вирубний ніж, ножиці, лазерний промінь, струмінь і мікроплазма.

Для варіанту Б - Привід різального інструменту: ручний, електричний, гідравлічний, механічний, пневматичний прес, вирубний, електро-магнітний.

Для варіанту В – Керування: ручне, автоматичне, за допомогою розкрою в жорсткій програмі ЕОМ.

Для варіанту Г - Кількість розкроїв полотна: одна, декілька.

Побудована таблиця називається морфологічним ящиком (МЯ), який вивчається, і найбільш цікаві варіанти записуються.

МА може бути представленим у вигляді морфологічної матриці, з вигляду схожої із математичною матрицею. Для табл. 3.1 матриця має вигляд: А1 А2 А3 А4 А5 А6 А7 А8 Б1 Б2 Б3 Б4 Б5 Б6 Б7 В1 В2 В3 Г1 Г2 Загальна кількість варіантів, що містить матриця, дорівнює добутку елементів у кожному рядку. У нашому випадку воно становить:  $8 \times 7 \times 3 \times 2 = 336$  варіантів.

Побудувавши таблицю, або матрицю, проводять оцінку варіантів і вибирають найкращий. Ось деякі варіанти: 1) А1-Б7-В1-Г2 - машини для розкрою з прямим ножом і електромагнітним приводом для розкрою настилів з ручним керуванням; 2) А1-Б2-В1-Г2 - те ж, тільки з електродвигуном і з

передаточним механізмом від електродвигуна до ножа; 3) А2-В2-В2-Г2 - стрічкові механізми для розкрою і для розсікання настилів з автоматичним керуванням за короткою програмою; 4) А3-В1-В1-Г2 - машини для покрою з дисковим ножом, з електродвигуном для розсікання настилів на частини і ручним керуванням; 5) А4-В6-В2-Г2 - вирубні преси, на яких вирубка проходить за допомогою спеціальних різаків; 6) А6-В5-В3-Г2 - лазерний розкрій, що містить лазер, пневмопривід для переміщення і комп'ютер для керування розкроєм за програмою; 7) А7-В3-В3-Г2 - пристрій для розкрою за допомогою тонкої цівки води під тиском 400...600 МПа із витратою до 40 л/год, переміщення від гідроприводу, керування - ЕОМ за гнучкою програмою і т.д. Розглянуті приклади показують, що метод МА дає можливість розглянути сотні й тисячі нових сполучень, які без МА можуть бути не враховані, дає можливість охопити всі варіанти одним поглядом і систематично дослідити, а звідси й недалеко до принципово нових рішень. Але за дивовижну легкість отримання варіантів при використанні МА доводиться розраховуватись великою трудомісткістю при виборі варіантів. При побудові морфологічної таблиці бажано зробити її якомога повнішою і не втратити цікаві варіанти, але в той же час потрібно добитись її максимальної компактності. Наприклад, для 20 ознак і 10 варіантів з кожної ознаки ящик буде містити 1020 можливих рішень! Перебрати їх не зможе ніяка ЕОМ. 13 *Внаслідок цих причин МА частіше використовують не для пошуку якогось одного ефективного рішення, а при системному підході до розв'язування творчих завдань загального плану:* 1) для пошуку компонувальних або схемних рішень машин; 2) для дослідження галузі можливого застосування технічних систем; 3) для виявлення простих винаходів, які до цього часу ніким не помічались; 4) для прогнозування розвитку технічних систем; 5) при визначенні можливості патентування комбінацій основних морфологічних ознак з метою „блокування можливих майбутніх винаходів»; 6) при функціонально-вартісному аналізі.

#### **6. Асоціативні методи пошуку нових технічних рішень**

Для того, щоб відвернути увагу винахідника від звичних йому поглядів і направити пошук розв'язку у нову галузь, часто рекомендують надати об'єкту, що удосконалюється, сторонніх ознак. Такі шляхи пропонують багато в чому аналогічні: *метод каталога* (Німеччина, автор Ф.Кунце, рік появи - 1926), *метод фокальних об'єктів* (США, Ч.Вайтінг, 1958р.) і *метод гірлянд випадковостей (асоціацій)* (СРСР, Г.Буш, 1972р.).

*Суть методу каталога* полягає у спробах пов'язати з об'єктом перше зустрічне слово, довільно взяте з книги, журналу, каталога. Наприклад, якщо об'єкт – «фреза», а випадкове слово – «сніг», то отримаємо сполучення «снігова фреза». *А потім асоціативний розвиток цього образу дає:* холодна фреза, слизька фреза, льодяна фреза тощо. В якихось випадках наштовхуються на швидкий розв'язок задачі.

**Метод фокальних об'єктів** пропонує вибрати із словника випадковий об'єкт (наприклад, кіно) і виділити у ньому декілька властивостей (наприклад, широке екранне, звукове, кольорове, об'ємне тощо). Цими властивостями наділити об'єкт, що удосконалюється, наприклад, годинник, який лежить у

фокусі переносу: широкоекранний годинник, звуковий годинник, об'ємний годинник тощо. Отримані сполучення асоціативно розвиваються, що іноді дає вдалі ідеї (широкоекранний годинник - замість вузького циферблата взято широкий або змінний - час, температура, тиск та ін., звуковий годинник - відбиває мелодію кожну годину, півгодини, чверть години і т.д.

**У методі гірлянд випадковостей та асоціацій гірлянди випадковостей формуються у вигляді списків синонімів або асоціацій.** Потім елементи із різних гірлянд попарно з'єднують.

Існує ряд інших методів, менш популярних, але які також мають деякі раціональні сторони. З них можна виділити групу методів, що ґрунтуються на комбінаційному підході, серед них метод десяткових матриць пошуку, метод симетричних матриць та ін. **Суть методу десяткових матриць** (СРСР, Р. Повілейко, 1972 р.) полягає у побудові матриці пошуку, в рядках якої записано 10 евристичних прийомів (неологія, адаптація, мультиплікація, диференціація, інтеграція, інверсія, імпульсація, динамізація, аналогія, ідеалізація), а в стовпцях - 10 основних показників технічної системи (геометричні, фізико-механічні, енергетичні, конструкційно-технологічні, надійність і довговічність, експлуатаційні, економічні, ступінь стандартизації і уніфікації, зручність обслуговування й безпеки, художньо-конструкторські показники).

*Застосування одного з евристичних прийомів у поєднанні з кожним із показників технічної системи сприяє появі нових асоціацій, які активізують пошук ідей, що приводять до нових технічних вирішень.*

**Література:** [1], с. 8-14, с. 23-58.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які існують методи проектування? Охарактеризуйте їх.
2. Дайте визначення «проектуванню».
3. Дайте визначення «методу».
4. У чому полягає складність процесу проектування?
5. Які психологічні чинники творчої діяльності?



## ТЕМА 2. ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ МАШИН ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ДІЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ

Любий виріб в тому числі і механічне обладнання за час свого існування проходить ряд станів від ідеї створення до впровадження у виробництво і утилізації, які називаються життєвим циклом.

*Проект* – це повний комплекс робіт від ідеї до здачі ідеї у виробництво.

*Проектування*, як етап життєвого циклу, передуює виробництву і робить можливим виготовлення певної кількості виробів з заданими характеристиками.

Проектування в перекладі з латинської «projectus» означає кинутий вперед, тобто проект – це опис того, чого ще не існує, але планується зробити в майбутньому.

Проектування забезпечує отримання технічної документації, яка повністю і однозначно описує всі відомості, які потрібні і достатні для виготовлення виробів.

Проектування представляє собою складний і творчий процес діяльності спеціаліста.

*Сучасне проектування*, як правило відбувається в програмному середовищі, яке називається *системою інформаційної підтримки*.

В цю систему входить ряд напрямків. В нашому випадку це:

1. *пошук принципових проектних рішень (вибір патентів із баз даних);*
2. *рішення технологічних задач;*
3. *рішення конструкційних задач (прогностичні, газодинамічні і інші розрахунки, на основі яких роблять висновок о доцільності модернізації);*
4. *виконання креслярсько-графічної документації (програми, комплексу, процедур).*

### 2.1 Етапи життєвого циклу об'єкту проектування

Сукупність етапів або послідовність процесів, які проходить об'єкт проектування за час свого існування, називається життєвим циклом виробу.

Його можна представити у вигляді такої схеми (Рис.1).

Є багато напрямків життєвого циклу виробу, ми розглядаємо життєвий цикл виробу з точки зору методології проектування.

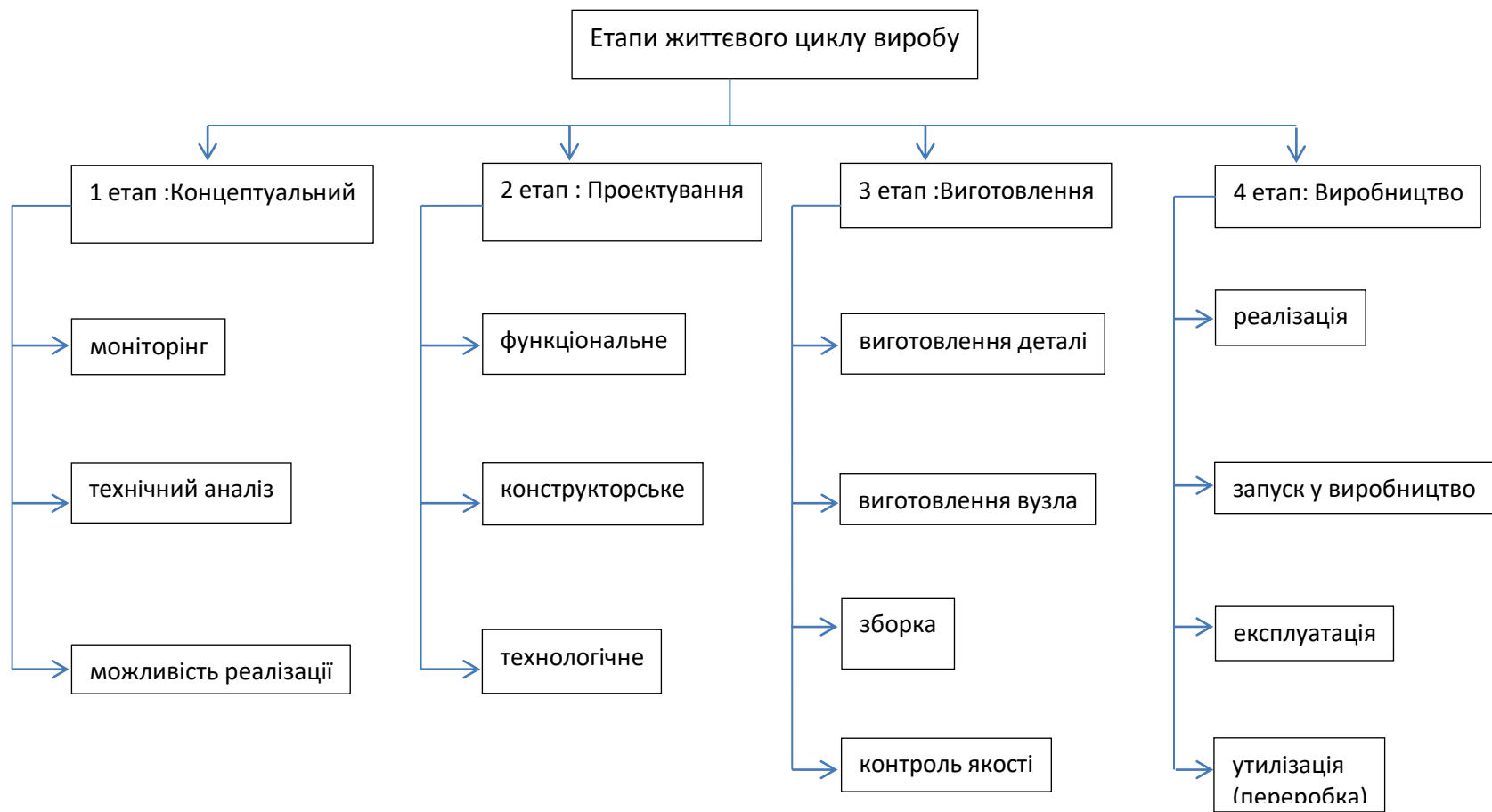


Рис. 1 - Схема життєвого циклу виробу

На *1-му етапі життєвого циклу виробу-концептуальному* етапі життєвого циклу виробу проводяться маркетингові дослідження і виробник шукає споживача своїх ідей і розробок.

Наступним етапом являється визначення вимог, які заказник виставляє до продукції. Після цього виконується технічний аналіз і оцінюється можливість фізичної реалізації виробу відповідно до вимог замовника.

Після цього заказник і виконавець формалізують свої потреби у вигляді документу, який називається технічне завдання. Це дуже важливий документ і технічні спори з будь-яких питань проводяться на основі технічного завдання (ТЗ).

Коли технічне завдання сформульовано і є впевненість в його реалізації, тоді приступають до проектування.

*2-гий етап життєвого циклу виробу – проектування*, складається з 3-х підетапів, які можуть виконуватися послідовно або паралельно.

2.1 *Функціональне проектування* – об'єктом являються *схеми*. Вони можуть виконуватись за різними ознаками в залежності від принципу роботи тих або інших пристроїв.

Розрізняють схеми:

- механічні;
- гідравлічні;
- пневматичні;
- електричні і ін.

Цей етап являється дуже важливим, тому що він визначає оптимальність структури і характеристик пристроїв, блоків, деталей і виробу в цілому.

Результатом функціонального проектування являються схеми виробу, які виконують фахівці-проектувальники різних спеціальностей: механіки, електроніки, автоматники.

2.2 *Конструкторське проектування*-об'єктом являється *просторова структура виробу* (має відношення до встановлення і свої характеристики).

На цьому етапі раніше розроблені схеми представляються у вигляді креслень реальних деталей і складальних одиниць. Ці деталі і складальні одиниці розташовані у просторі і закріплені та встановленні певним чином.

Результатом цієї роботи являється *конструкторська документація*, яку виконує інженер-конструктор.

2.3 *Технологічне проектування* -об'єктами являються *технологічні процеси*, які потрібні для виготовлення деталей. До них відносяться маршрутні карти (опис маршруту проектування деталей), операційна карта, відомість оснащення (засобів, які виконують) і інші документи у відповідності до ЄСКД.

**3-й етап життєвого циклу виробу – виготовлення.** На цьому виготовлюють різні деталі, проводиться випробування дослідних вузлів і виробів в цілому для визначення потрібних характеристик виробу.

При виявленні помилок в документацію вносяться виправлення і розробка деталі повертається на попередній етап.

Якщо конструкцію складно виготовити або вона долучається дорогою, то такий виріб називається *нетехнологічним*.

Якщо виріб погано працює, не вміщується в задані габарити або незручний при обслуговуванні, то такий виріб називається *неконструктивним*.

**4-й етап життєвого циклу – виробництво.** На цьому етапі після виготовлення виробу виконується установка його у замовника і контроль роботи.

Якщо не досягається випуск планової потужності виробу або були виявлені помилки при його виготовленні – виконавець виробу усуває їх.

В реальних умовах на виробництві установки і лабораторні установки відрізняються.

Життєвий цикл закінчується утилізацією або переробкою виробу для повторного використання.

## **2.2 Характеристики проекту. Етапи виконання проектів**

Розглянемо детальніше 2 етап життєвого циклу виробу – **проекткування і характеристики проекту.**

**Проект** - це повний комплекс робіт, який пов'язаний з об'єктом від ідеї до здачі його у виробництво.

Проект вважається виконаним, якщо об'єкт відтворює продукцію у промислових установках та у ньому досягнуті проектні показники.

Проект вміщує технічний опис виробу, який необхідний і достатній для його виготовлення. Любе виробництво відповідного профілю згідно розроблених документації повинно бути спроможним виготовляти об'єкт проектування, який буде мати ті характеристики, які були закладені в технічному завданні.

За весь проект відповідає розробник, він передає виробництву проект, який повинен відповідати всім вимогам замовника.

Виробник не має право вносити зміни в проект самостійно без узгодження з розробником. На підприємствах є конструкторські відділи, які не можуть зробити суттєвих змін без розробника. Підприємства можуть тільки запропонувати розробнику пропозиції по змінах у проекті і він їх може прийняти до розгляду і затвердити.

**Основними видами проектних робіт** являються:

1. науково-дослідні роботи (НДР);

## 2. дослідно-конструкторські роботи (ДКР).

НДР виконуються з метою:

- рішення проблемних питань;
- пошуку принципійних проектних рішень;
- дослідження нових можливостей і принципів функціонування нових розробок;
- отримання інформації для виконання ДКР.

**На рівні НДР** конструювання зазвичай виконується спрощено. На цьому рівні виконується макет виробу, на якому проводяться дослідні дослідження. Ці дослідження проводяться на рівні деталей вузлів і можливо машини в цілому. НДР закінчується звітом з викладенням всіх можливостей і відомостей про об'єкт проектування.

**Макет** – це ще не дослідний зразок, буде він працювати і виконувати свої функції і проводяться моделювання і розрахунки. На жаль у цих процесах неможливо врахувати всі фактори, як в реальних умовах, тобто на макеті досліджують числові моделі. Наприклад, Абакус - це мережа систем для досліджень, яка дає добрі результати при статичних і даже динамічних навантаженнях.

**Дослідно-конструкторські роботи (ДКР) виконуються з метою** розробки конструкторської документації для виготовлення і дослідів дослідного зразка. За результатами цих дослідів виконується заключення про можливість виготовлення об'єкта проектування з можливим послідовним переходом у серійне або масове виробництво.

**Характеристики проекту:** порядок виконання проектних робіт регламентується цілим рядом стандартів; основним з них являється ЄСКД (єдина система конструкторської документації).

ЄСКД виконання проектів поділяються на декілька етапів:

1. технічне завдання (ТЗ);
2. технічна пропозиція (ТП);
3. ескізний проект (ЕП);
4. технічний проект (ТП);
5. робоча документація (РД).

Якщо виникає ідея як поліпшити обладнання і впровадити цю ідею в виробництво, то необхідно знати до якого етапу ви доведете цю ідею.

1. **Технічне завдання (ТЗ)** - в цьому документі формулюються вихідні данні; етапи виконання робіт в проекті.

В ТЗ вказуються: призначення, технічні характеристики, показники якості і інші вимоги, які пред'являються до виробу.

ТЗ являється основним юридичним документом, на основі якого проводяться спори між замовником і виробником.

Коли укладають договір розробник і виробник, то всі вони прописують в ТЗ (вказуємо, які етапи: виготовлення, виконання, звіти по виконанню, коли виконувати, які результати, які права на цю продукцію, реалізація, за що хто відповідає прописується у договорі).

Основою для розробки ТЗ можуть бути:

- результати науково-дослідних робіт;
- результати дослідних робіт;
- аналіз передових досягнень науки і техніки, які отримані з літературної і патентної документації.

ТЗ встановлює, які властивості або характеристики повиний мати виріб після його виготовлення (під виробом розуміємо об'єкт).

Характеристики можуть бути:

1. Функціональні – визначають можливості виготовлення виробів в відповідності з головною задачею. Головною задачею може бути: поліпшення експлуатаційних характеристик, поліпшення якості, надійності, продуктивності і т.п.;
2. Конструктивні характеристики визначають властивості конструкції, куди входять: габарити, вага, кількість деталей, складність її форми, ступінь уніфікації;
3. Технологічні характеристики – визначають якість процесу виготовлення, збірки, випробування і т.п.;
4. Економічні характеристики – визначають економічну доцільність виконання проекту;
5. Експлуатаційні характеристики визначають простоту проекту і зручність експлуатації, можливість перенастроювання, стійкість впливу навколишнього середовища і ремонтпригодність;
6. Ергономічні характеристики визначають зручність і безпеку роботи людини з обладнанням;
7. Естетичні характеристики, до яких відносяться: зовнішній вигляд виробу, його привабливість, гармонічне поєднання елементів, удосконалення конструкційної форми.

**2. Технічна пропозиція (ТП)** за визначенням ЄСКД – це сукупність конструкційних документів, які вміщують технічні і техніко-економічні обґрунтування для доцільності розробки виробу на основі аналізу різних можливих варіантів рішення; порівняльні оцінки цих варіантів і вибору оптимальної і раціональної конструкції (тобто цільова функція, що можна робити те що потрібно, а раціональна функція - це те, що краще, то і обрати і робити виходячи з огляду патентів).

**3. Ескізний проект** – це сукупність конструкторських документів. Які вміщують принципові конструкторські рішення, що дають загальне уявлення

про пристрій і принцип його роботи, а також дані, які визначають основні параметри і габаритні розміри виробу.

В курсовому або дипломному проектах найчастіше модернізуємо якийсь вузол для певної машини за темою КП і ДП виконуємо ескіз вузла і встановлюємо в машину цей вузол на основі, наприклад, параметричного розрахунку і перевіряємо підходять габаритні розміри вузла у складальне креслення, тоді цей модернізований вузол можна використовувати за габаритами.

На цьому етапі також виконуються схеми виробів або функціональне проектування, які дають інформацію про принцип роботи і структуру об'єкта.

**4. Технічне проектування** – це сукупність конструкторських документів, які вміщують остаточне технічне рішення, яке дає повне уявлення про пристрій і вихідні дані для розробки робочої документації.

В курсовому або дипломному проектах повністю розраховується вузол або деталь, у якій напруга повинна не перевищувати межу міцності, чому сприяє розробка вузла і розрахунки, які це підтверджують.

**5. Робоча документація** – це конструкторська документація, яка необхідна і достатня для виготовлення, впровадження дослідного зразка. Сюди входять робочі креслення всіх деталей, вузлів і машини в цілому, технологічні вимоги до збирання. Інші необхідні документи для виготовлення і експлуатації виробу.

На основі цієї документації виготовляється дослідний зразок, який підлягає всебічним дослідом, по закінченню яких складається акт, де робиться висновок про можливість запуску об'єкта у виробництво.

Зазвичай не все так гладко і виконується допрацювання виробу.

**6. Заключний етап проектування** – це **допрацювання** документації і підготування її для вироблення об'єкта проектування, для експлуатації.

**Допрацювання** – це процес усунення недоліків і удосконалення обладнання на стадії його виготовлення.

Всі зауваження і виправлення, які були зроблені при досліді вносяться в документацію, на основі якої виготовлюється нове обладнання або удосконалюється дослідний зразок.

Або це допрацювання буде змінювати цей зразок або модернізувати.

### **Основні причини ненадійності обладнання**

Швидкий розвиток техніки обумовлює ускладнення обладнання і з іншого боку висуваються вимоги до прискореного здійснення проектних робіт (з однієї сторони, обладнання повинно бути складним, а з іншої, його потрібно виготовлювати швидше).

На цьому етапі може створюватися обладнання, яке буде ненадійне в експлуатації.

Вважається, що є три причини, які впливають на роботоспроможність обладнання

1) Першою причиною ненадійності зазвичай є недостатність часу і матеріальних ресурсів, які виділяються на експериментальну і конструкторсько-технологічну розробку, на перевірку і досліді окремих вузлів, деталей і машин в цілому.

2) У ряді випадків обладнання, яке успішно пройшло досліді у лабораторних умовах, але ненадійно працює на виробництві. Причиною являється те, що недостатньо повно проведені дослідження на обладнання в умовах впливу зовнішніх фізичних умов роботи (це вплив зовнішнього середовища, однорідність вихідного матеріалу і т.п.)/

Треба враховувати, що при проведенні дослідів в лабораторних умовах використовується якісна сировина (матеріал), підготовлений персонал, не враховується вплив факторів навколишнього середовища.

3) Іноді при проектуванні машини використовуються надійні вузли і деталі, які пройшли достатню кількість дослідів або успішно працюють в іншому обладнанні, але в цілому машина працює ненадійно.

Це пов'язано з тим, що при уніфікації деяких вузлів вибирались вузли з різним рівнем точності і в компоновці цих вузлів у машині вони приводять до різних показань за вхідними і вихідними параметрами. В зв'язку з цим загальна надійність машини зменшилась.

**Література:** [3], с. 8-34, [15], с. 23-38.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке проект?
2. Дайте визначення проектуванню.
3. Що таке життєвий цикл виробу?
4. Нарисуйте схему життєвого циклу виробу.
5. Опишіть стадії розробки проекту.
6. Поясніть поняття проекту. Основні види проектних робіт.
7. Опишіть етапи проектування
8. Поясніть етапи виготовлення й виробництва в життєвому циклі проектного виробу.
9. Які основні причини ненадійності обладнання?



### ТЕМА 3. СИСТЕМНИЙ ТА СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ МАШИН

Визначення вірогідних характеристик, які виходять з потенційних можливостей у сучасний час- це мета *пошукового прогнозування*.

Для цього потрібно проаналізувати, як розвивалось обладнання, якість продукції і обладнання, як воно змінювалось, як змінювалась продуктивність (збільшувалась вона чи ні), зменшувалися витрати на це обладнання чи ні?

Розглянемо на рисунку 1 данні з інтернету для продуктивності обертальної печі.

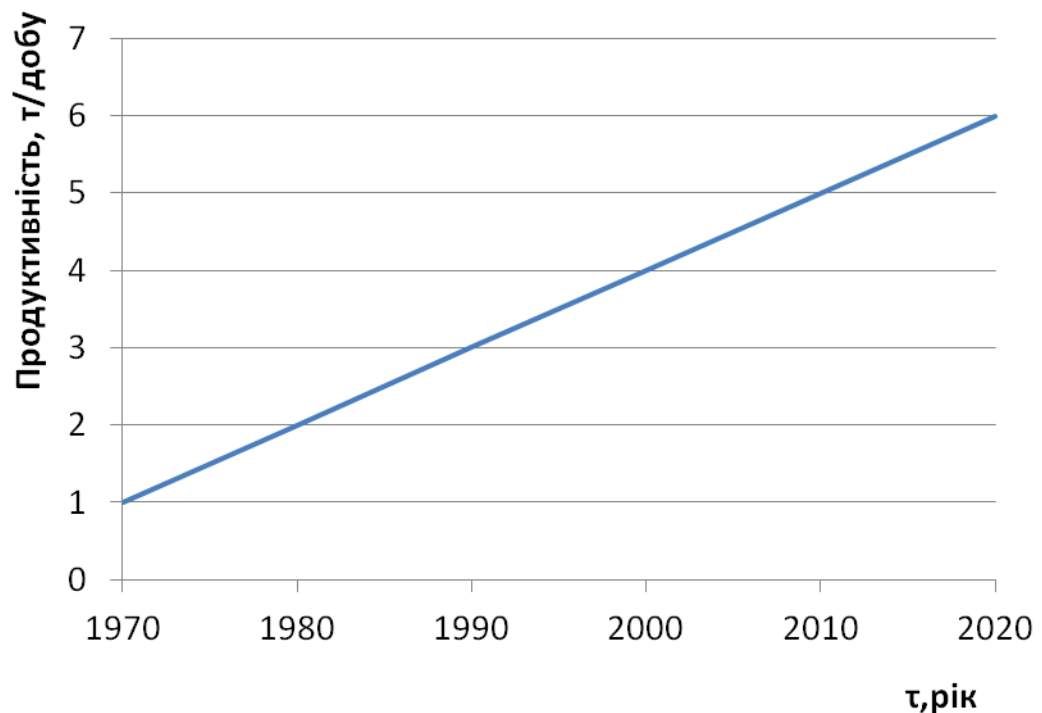


Рис.1 Продуктивність обертальної печі в залежності від року існування

На підставі цього передбачається, що в майбутньому буде ріст продуктивності обертальної печі такий, як раніше з рис.1.

Ідея полягає в тому, що є така апроксимуюча залежність на рис.1 представляє продуктивність обертальної печі в залежності від року існування. Для того, щоб промоделювати ріст в майбутньому, необхідно екстраполювати дану залежність і отримати числові дані відносно можливого збільшення в майбутньому досліджуваних показників. Тобто з рис.1 видно прогнозування продуктивності обертальної печі, що в 2020 році вона може бути 6 т/добу.

Розглянемо на рисунку 2 залежність з енергоспоживання обертової печі з 1960 р. до 2020 р.

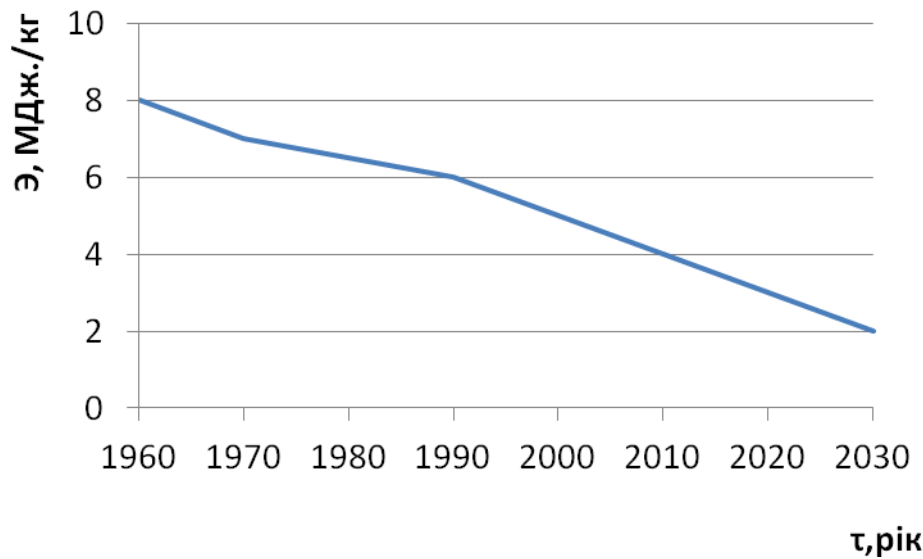


Рис.2 Енергоспоживання обертової печі в залежності від року

На рис. 2 отримали практично лінійну залежність з енергоспоживання обертової печі з 1960 р. до 2020 р. З рис. 2 видно, що в 1960 році енергоспоживання обертової печі складало 8 МДж/кг, а в 2020 р. приблизно 3 МДж/кг.

На рис. 1 і рис. 2 представляється світова тенденція для розглянутих характеристик обертової печі, по яким можна робити пошукове прогнозування для даної машини.

В курсовому і дипломному проектуванні ви будете виконувати проект. Ви можете показати по рокам досліджувані характеристики (продуктивність, енергоспоживання і т.п.), ви можете збільшити ці величини на якусь  $\Delta$ .

Не потрібно старатися вводити багато нових технічних рішень, для того щоб змогти показати поліпшення роботи машини і щоб відповідало рівню розвитку машини. Треба знайти якийсь середній показник поліпшення роботи машини.

При цьому ми повинні вводити нові технічні рішення: по-перше, ми повинні щоб вони відповідали Стандартам, та привели до підвищення продуктивності машини, наприклад; по-друге, потрібно зробити *нормативне прогнозування*, яке представляє собою спробу раціонально організувати і реалізувати можливі досягнення відповідно до мети проекту.

Цей вид проектування відповідає на питання, що можливо і потрібно зробити, щоб досягти визначених нами цілей і вирішити задачі проектування.

Предметом нормативного проектування виступають суб'єктивні фактори: ідеї, гіпотези, передбачення і інші фактори, які можуть змінити або поліпшити характер процесів, які протікають в обладнанні, що проектується.

В сучасний час для вирішення технічних задач *в системному аналізі* використовуються *методи нормативного проектування*, які базуються на *системно-ієрархічному підході*.

З його допомогою пробують вивчити окремі елементи і взаємозв'язки цих елементів в технічній системі.

Таким чином визначаються:

1. частини системи, які вичленяють з повної системи;
2. взаємозв'язки між вказаними частинами системи;
3. визначення вузьких місць в системі.

Ми зазвичай розглядаємо технічні системи (в суспільстві взагалі можуть розглядатись і соціальні системи і ін.).

Ви можете розглядати свій дипломний проект, як систему: глави-це елементи системи; розділи- елементи кожної системи, тобто елементи підсистеми; абзаци-речення-знаки у тексті диплому.

Методи нормативного прогнозування можна розглядати як методи, які дозволяють встановити і реалізувати мету проекту.

Задача вирішується за наступною схемою для задоволення даних потреб, наприклад, обсяг виробництва потрібно досягти необхідного рівня функціональних характеристик. Це реалізується за допомогою модернізацій даних елементів обладнання.

Пошукове і нормативне прогнозування повинні застосовуватися сумісно, вони не можуть замінити один одного; зазвичай не приступають до нормативного прогнозування, якщо не виконано пошукове прогнозування і не визначена мета проекту.

Разом з тим мета проекту визначається виходячи з технічних і технологічних характеристик, можливостей даного обладнання, тобто впевненості того, що дану мету можна досягти.

## **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Яка мета пошукового прогнозування?
2. Що виступає предметом нормативного проектування?
3. Дайте визначення *нормативному прогнозуванню*?
4. Що визначають при системному аналізі для вирішення технічних задач?
5. Я потрібно застосовувати пошукове і нормативне прогнозування?

## **ТЕМА 4. РІВНІ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ МАШИН**

Проектування характеризується неоднозначністю і невизначеністю при виборі потрібного варіанту. З більшого числа можливих рішень, тобто відсутність визначеного алгоритма при виборі рішень. Це обумовлено

наявністю різноманітних фізичних неоднорідних частин і пристроїв, більшою кількістю різних деталей і елементів, а також різноманітними процесами, які відбуваються в обладнанні.

Самий талановитий проектувальник не в змозі охопити проект в цілому, утримуючи всю свою увагу на конструкції одночасно. Тому при системно-ієрархічному підході задача поділяється на ряд під задач, які можуть вирішуватись окремо.

При цьому потрібно враховувати взаємодію елементів системи, які можуть якимось чином впливати один на одне.

Системно-ієрархічний підхід можна представити у виді блочної ієрархічної структури, яка складається з рівнів або діб.

Наприклад, є система, яка складається з 3- рівнів. Кожен рівень розбивається на свої ще елементи, все це зв'язано гілками, їх може бути безліч та залежить від задачі, яку будемо вирішувати.

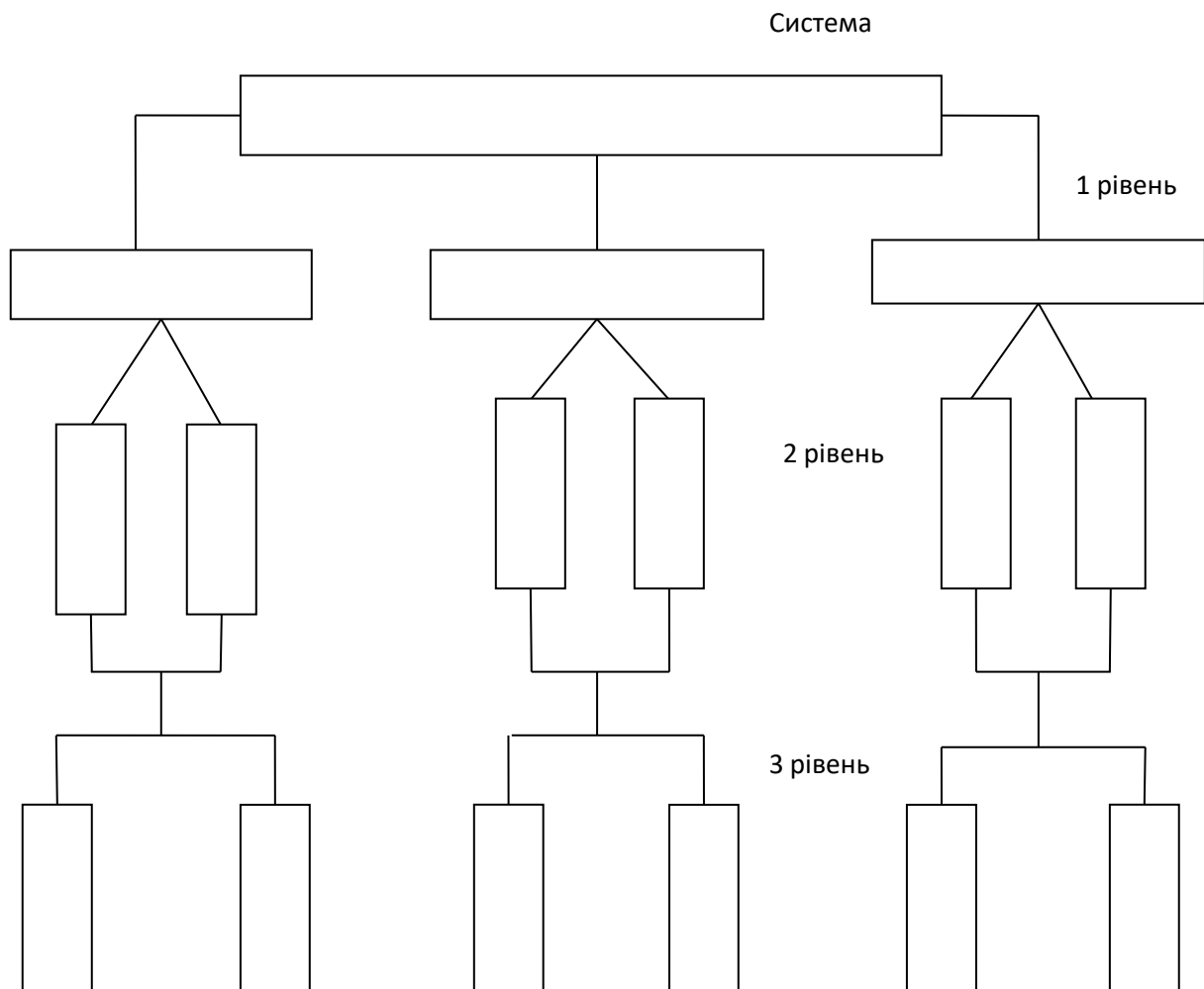


Рис.1 Системно-ієрархічний підхід у технічній системі

На кожному ієрархічному рівні і на кожній гілці розташована невелика кількість елементів.

Кожен елемент певного рівня представлений як система елементів, які розташовані на той же гілці, але на наступному більш низькому рівні.

Важливим є те, що подібну систему, яка складається з обмеженої кількості елементів, проектувальник спроможний утримати у полі своєї уваги. Як показує практичний досвід кількість таких елементів повинна бути від 3-5.

Психологічні дослідження показали, що оперативна пам'ять людини оптимально функціонує при умові, що у процесі одночасно знаходиться 5-9 символів, при цьому незалежно від внутрішньої інформації в кожному з цих елементів.

При системно-ієрархічному підході проектування представляється у вигляді руху по цій системі. При цьому, на кожній гілці, виконується елементарні проектні операції, тобто проектувальник кожний раз має справу з невеликою кількістю елементів. Завдячуючи цьому процес проектування набагато спрощується, становиться легко спланованим та реалізованим, враховуючи витрати на розробку.

В залежності від напрямку руху *проектування розрізняють*:

- Спадне;
- Висхідне;
- Комбіноване.

Системно-ієрархічний підхід розглядається багатьох випадках. *Приклад* : Треба в магазині купити самих кращих конфет.

- Беремо від 3-5 видів конфет;
- Обираємо з них 1 вид;
- Потім з 3-5 видів обираємо ще 1 вид конфет і в кінці кінців з них вибирається один кращий вид конфет.

1 Розглянемо *спадне проектування*.

В цьому виді проектування система розглядається як ціле і у ході виконання задачі вирішується задачі 1-го рівня. Потім – 2-го рівня і т. п. *Приклад* : Є певна технологічна лінія згідно технічного завдання (ТЗ), яка складається з машин, а машини в свою чергу складаються з вузлів, а вузли складаються з деталей.

*Спадне проектування завжди виконує вимоги ТЗ, тому воно вважається найбільш правильним.* Воно гарантує виконання ТЗ, але не гарантує фізичну реалізованість проекту, тобто на якому сь етапі можуть виникнути труднощі з вибором і вирішенням технічних, технологічних або інших задач.

*В загальному випадку процес проектування повертається на попередній рівень, а задачу вирішують з врахуванням труднощів, які виникли.*

Таким чином, цей метод як і інші носить ітераційний характер (повернення на попередній рівень).

## 2 Розглянемо **висхідне проектування**.

Таки вид проектування виконується від нижчих до вищих рівнів, при цьому виконується зборка окремих елементів системи. Це можуть бути деталі і вузли.

Висхідне проектування завжди *гарантує реалізацію проекту*, але не гарантує вимоги ТЗ проекту.

Висхідне проектування найбільш поширене при розробці дослідних зразків або макету виробу.

3 Як показує досвід найбільш ефективним видом проектування являється **комбіноване проектування**.

*В цьому виді проектування по висхідному проектуванню розроблюються деталі і вузли, які уніфіковані. По спадному проектуванню виконуються конструкції, які потребують нововведення.*

*Цей метод проектування теж має ітераційний характер.*

**Приклад спадного проектування:** беремо базові деталі, потім, вузли, потім робимо машину, потім перевіряємо наскільки вона відповідає меті ТЗ.

**Приклад комбінованого проектування:** Беремо базові вузли як базові, а потім беремо і тільки розроблюємо тільки наклею машину. **Наприклад її модернізації.**

*Треба завжди розібратися зі зв'язками, який елемент буде впливати на інші елементи системи.*

**Література:** [9], с. 7-64, [7], с. 3-38.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як можна представити системно-ієрархічний підхід у технічній системі?
2. Які види проектування розрізняють в залежності від напрямку руху?
3. Що таке спадне проектування?
4. Що таке висхідне проектування?
5. Що таке комбіноване проектування?

## ТЕМА 5. ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

### 5.1 Вибір стилю для створення структур

При роботі з документом часто доводиться до однорідних фрагментів в текстовому редакторі MS Word, наприклад, заголовків, назвам малюнків і таблиць, основному тексту документа й т.п., застосовувати однакове оформлення. Для полегшення цієї роботи в документах використовуються стилі. Використання стилів дозволяє забезпечити однаковість в оформленні і можливість швидкої зміни оформлення. Використання стилів при оформленні заголовків документа підвищує ефективність роботи в режимі відображення Структура й роботу зі Схемою документа, та дозволяє **автоматично створювати зміст**.

**Стилем** називається набір параметрів форматування, що застосовується до абзаців тексту, таблицям, спискам і знакам (символам), щоб швидко змінити їхній зовнішній вигляд. Стилі дозволяють однією дією змінити відразу всю групу параметрів форматування.

**Стиль абзацу** визначає зовнішній вигляд абзацу, тобто параметри шрифту, вирівнювання тексту, позиції табуляції, міжрядковий інтервал і границі.

**Стиль списку** застосовує однакове вирівнювання, знаки нумерації або маркери й шрифти до всіх списків.

**Стиль знака** задає форматування виділеного фрагмента тексту усередині абзацу, визначаючи такі параметри тексту, як шрифт і розмір, а також напівжирне й курсивне накреслення.

**Стиль таблиці** задає вид границь, заливання, вирівнювання тексту й шрифти.

Крім зазначених, стиль може включати й деякі інші параметри.

#### *Робота з таблицями*

**Таблиці** завжди були невід'ємною частиною документації, а зараз стали широко використатися для оформлення WEB – сторінок, щоб примусово управляти на екрані клієнта відображенням даних і не надавати цю операцію **програмі-браузеру**.

Комірки таблиць можуть містити не тільки текст, але й графічні та інші об'єкти. Завдяки цьому можна розміщати кілька ілюстрацій по ширині сторінки. Іноді рамки таблиці роблять схованими, а між комірками залишають зазор. У результаті об'єкти, що знаходяться на екрані утворюють рівні регулярні структури, подібні до газетних колонок, а слідів таблиць на екрані не видно.

В WORD використовується три основних способи створення таблиці:

- Кнопка **Додати таблицю** на панелі інструментів **Стандартна**. Використають для створення найпростіших таблиць невеликого розміру.
- Діалогове вікно **вставка таблиці (таблиця → додати таблицю)**. Використовується для створення більш складних таблиць
- Засіб малювання таблиць **таблиці й границі (Таблиця → намалювати таблицю)**. Використається для створення таблиць складної структури методом малювання. Необхідні для цього елементи управління зосереджені на панелі інструментів **Таблиці і границі**.

**Редагування таблиць** зводиться до наступних основних операцій:

- Додавання рядків і стовпців
- Видалення виділених комірок, рядків і стовпців
- Злиття й розбивка виділених комірок

Комбінуючи зазначені операції можна готувати таблиці складної структури.

Форматування таблиць проводиться за допомогою діалогового вікна **Властивості таблиці** яке може бути обране в контекстному меню таблиці. Елементи керування на вкладках діалогового вікна дозволяють :

- Задати вирівнювання таблиці щодо сторінки документа
- Задати обтікання таблиці
- Визначити варіант оформлення зовнішніх і внутрішніх рамок таблиці й характер оформлення комірок
- Задати розміри внутрішніх полів й інтервали між комірками
- Призначити параметри поточних рядків і стовпців
- Призначити параметри виділених комірок

У програмі є потужний засіб автоматичного форматування таблиць – **Автоформат**. Набір пропонованих форматів представлений у списку **Формати**, а результат, що утворюється при їхньому використанні, в полі **Зразок**. Робота з форматуванням таблиці в цьому випадку автоматизована й зводиться до правильного вибору формату й установки супутніх елементів управління так, щоб представлений зразок відповідав запланованому результату.

**Зауваження:** Якщо таблиця не поміщається на одній сторінці, то частина її переноситься на іншу. При цьому заголовок таблиці прийнятий повторювати на кожній сторінці. MS Word може автоматично повторювати одну або декілька перших рядків таблиці вгорі кожної сторінки. Для цього необхідно виділити необхідне число рядків, починаючи з першого, і виконати команду меню **Таблиця → Заголовки**. Галочка напроти даного пункту меню вказує на те, що виділені рядки є заголовками. Однак, оскільки шапки таблиць



бувають більшими, то, відповідно до вимог оформлення документації, у документах прийнято повторювати не саму шапку, а рядок під нею з номерами стовпців. MS Word дозволяє задавати як заголовки тільки рядки, починаючи з першого. Звичайно, можна вручну додавати рядок з номерами стовпців угорі кожної сторінки, але в цьому випадку вона може виявитися в середині сторінки при наступному редагуванні й форматуванні документа.

Дану проблему можна вирішити наступним чином: відокремити шапку таблиці від іншої її частини, тобто розбити таблицю, і в частині таблиці, що залишилася, вказати як заголовок перший рядок з номерами стовпців. Для цього необхідно встановити курсор у рядок з номерами стовпців і виконати команду меню **Таблиця → Розбити таблицю**. Для того щоб розрив не був помітний, необхідно розділовий символ абзацу виділити й зробити схованим (Ctrl+Shift+N або **Формат → Шрифт → Схований**), або встановити в нього розмір шрифту 1 пт. Схований текст можна побачити, включивши показ символів, що не друкують, (кнопка ¶). При цьому він виділяється пунктирним підкресленням.

При необхідності змінити ширину стовпців у такої таблиці потрібно, видаливши розділовий символ абзацу, з'єднати таблицю та відформатувати її.

### ***Робота з діаграмами***

Для створення діаграм WORD підключає **Microsoft Graph**. Ця програма є зовнішнім компонентом, і її установка спеціально вказується при установці текстового процесора WORD. Діаграма може створюватися на основі конкретної таблиці, що є в документі. У цьому випадку діаграма й таблиця дублюють одна іншу, що не завжди виправдано.

Інший спосіб полягає в тому, що в документ уставляється базова діаграма, що побудована на базовій таблиці даних. Ця таблиця редагується шляхом заповнення даними користувача, при цьому міняється й вид базової діаграми. Базову таблицю потрібно розглядати як шаблон. Заповнення базової таблиці можливо автоматизувати, імпортуючи дані, наприклад, з таблиці MS EXCEL. Настроювання зовнішнього вигляду діаграми складається з вибору елементів оформлення діаграми й елементів представлення даних. Для них можна використати індивідуальне форматування так, як це виконується в програмі MS EXCEL.

### ***Робота із графічними об'єктами***

У документах MS WORD можна використати два типи рисунків: **растрові й векторні**. Векторні рисунки можливо створювати безпосередньо в текстовому процесорі.

Растрові рисунки не можуть бути створені в WORD і вони можуть бути вставлені як зовнішні об'єкти з файлу, підготовленого іншими засобами (сканер, графічний редактор, цифрова камера). Векторні рисунки завжди уведені в документ й їх можна редагувати безпосередньо в документі. Растрові рисунки уставляються методом **зв'язування або впровадження**. Їхнє редагування можливо тільки в обмежених межах.

**Робота з векторними рисунками.** Для створення цих рисунків використовується панель інструментів *Малювання*. Основним на цій панелі є список *Автофігури*, за допомогою якого можна виконувати найпростіші об'єкти. Створені об'єкти можуть редагуватися з використанням наступних операцій:

- Поворот;
- Зміна типу й кольори ліній автофігури і її заливання;
- Розташування автофігури й навколишнього тексту (обтікання, розташування над і під текстом);
- У полі автофігур можуть бути створені написи (пункт *Додати текст* у контекстному меню автофігури) або здійснена композиція рисунка й об'єкта *Напис*;
- Можуть бути створені тіньові й тривимірні ефекти для автофігури.

З найпростіших малюнків можуть створюватися композиції. При цьому використовуються операції:

- Групування \ розгрупування;
- зміна порядку проходження об'єктів у шарах по напрямку нормалі до поверхні рисунка;
- вирівнювання \ розподілу об'єктів.

**Використання клипартів.** Для створення складних композицій використовуються готові бібліотеки малюнків (клипарти). Найпростіша колекція клипартів входить у комплект поставки пакета MS OFFICE.

### ***Нумерація формул***

Формули в Word вводяться з допомогою редактора формул MS Equation. MS Equation містить більше 150 математичних символів. Проте іноді виявляється, що потрібного символу серед них немає. Прикладами таких символів є символ ангстрема Å, символ оборотних хімічних реакцій  $\rightleftharpoons$  і т.п. У цьому випадку потрібний символ можна отримати, комбінуючи два або декілька подібних але інших символів, так як редактор формул дозволяє їх

довільно переміщати. Для цього символ, який потрібно перемістити, необхідно виділити й, утримуючи натиснутою клавішу Ctrl, за допомогою клавіш зі стрілками рухати його в потрібному напрямку.

Формули в документах, як правило, нумеруються. Номер формули прийнято брати в круглі дужки й розташовувати на одному рядку з формулою, причому номер потрібно вирівняти по правому краю, а саму формулу – по центру. Часто перед номером формули через крапку вказують номер глави. Наприклад:

$$y = \sqrt{x^2} \quad (5.1)$$

Звичайно, можна проставляти номери формул і посилання на них у тексті вручну, однак при додаванні або видаленні окремих формул інші доведеться також знову й знову перенумеровувати вручну, хоча MS Word, у принципі, дозволяє робити подібні дії автоматично. Проте компанія Microsoft не передбачила зручного способу автоматичної вставки номерів формул. Запропонований нижче спосіб дозволяє вирішити цю проблему. Потрібно:

1. на окремому рядку вставити формулу;
2. натиснути клавішу Tab;
3. виконати команду меню **Вставка** → **Назва** (в MS Word XP – Вставка → Посилання → Назва);
4. створити постійну частину – дужку «(» (кнопка Створити). Надалі її можна буде просто вибирати зі списку Рис. ;

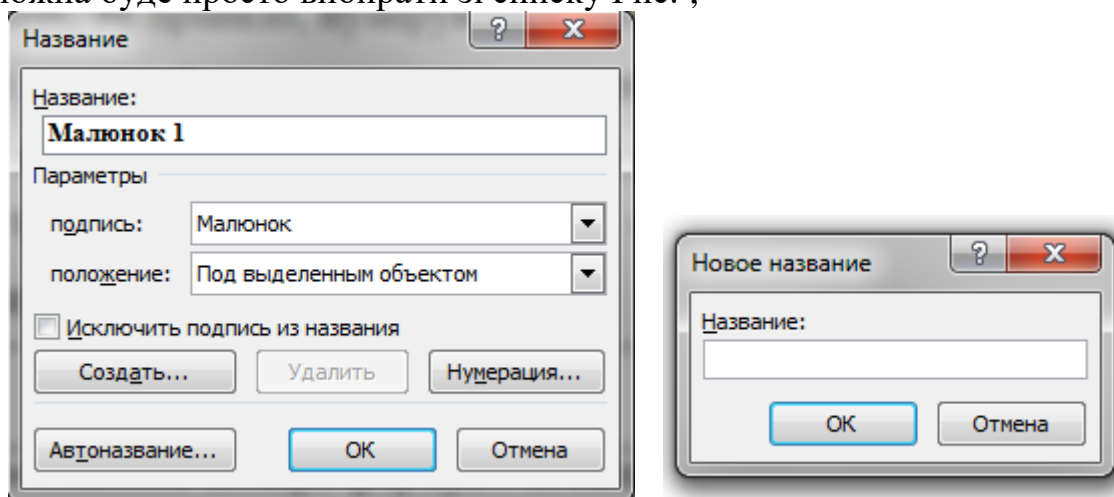


Рис. 9 Створення посилання на формулу

5. якщо в документі заголовки глав оформлені убудованим стилем «Заголовок 1» з нумерацією, то для автоматичного додавання номера глави потрібно натиснути кнопку Нумерація, у діалоговому вікні. В Нумерації назв установити прапорець Включити номер глави й установити параметри: Починається зі стилю – Заголовок 1, Роздільник – крапка;
6. закрити діалогові вікна кнопками ОК;

7. після автоматично вставленого номера поставити закриваючу круглу дужку, а між номером і дужкою видалити пробіл;
8. виділити весь рядок і виконати команду меню **Таблиця** → **Перетворити в таблицю**;
9. у діалоговому вікні, що з'явилося, «Перетворити в таблицю» як роздільник вибрати «знак табуляції»;
10. вилучити обрамлення в отриманій таблиці, що складається із двох комірок;
11. вирівняти номер в комірці по правому краю, формулу – по центру, а також вилучити нові рядки, якщо вони є, в обох комірках;
12. перетягнути мишею границю комірок максимально вправо, але так, щоб номер у правій комірці вміщався цілком, без переносу.

Незважаючи на складність, у результаті користувач позбувається від необхідності постійно стежити за правильністю номерів формул і посилань на них. Це досягається за допомогою так званих полів підстановки (кодів полів), відновлення яких відбувається автоматично при кожному відкритті або печатці документа, а також провадиться вручну, шляхом виділення всього тексту й натискання клавіші F9.

Для введення наступної формули достатньо копіювати попередню та ввести в комірку з формулою нове значення. Можливо також скопіювати формулу з іншого документа.

Для того щоб відрізнити автоматично обновлювані поля від простого тексту бажано виконати команду меню **Сервіс** → **Параметри** й у діалоговому вікні Параметри на вкладці «Вид» вибрати Затінення полів → Завжди. На друкований документ це не впливає.

Перевага використання таблиці в цьому випадку полягає в тому, що оформлені в такий спосіб формули, незалежно від їхньої довжини, залишаються вирівняними по центру, їх номер – по правій границі комірки, а розміщення номера в окремій комірці дозволяє виконувати посилатися на нього, використовуючи стандартну команду меню **Вставка** → **Перехресне посилання** → **Тип посилання**: «(» (в MS Word XP – Вставка → Посилання → Перехресне посилання).

Якщо потрібно вилучити номери глав з номерів формул, то їх не потрібно прямо вилучати. Необхідно виконати команду меню **Вставка** → **Назва** (в MS Word XP – Вставка → Посилання → Назва), вибрати зі списку постійну частину – дужку «(», натиснути кнопку Нумерація, у діалоговому вікні Нумерація назв зняти прапорець Включити номер глави, натиснути кнопку ОК і Закрити. Установивши прапорець Включити номер глави, можна, навпаки, додати номери глав в усі номери формул.

Посилання на формулу виконується з допомогою перехресних посилань.

## Посилання на літературу

При встановленні в текст посилань на літературу зручно використовувати наступний алгоритм.

1. В розділі ЛІТЕРАТУРА встановити курсор перед першим літературним посиланням.
2. виконати команду меню **Вставка** → **Назва** (в MS Word XP – Вставка → Посилання → Назва);
3. створити постійну частину – «ЛІТ№» (кнопка Створити). Надалі її можна буде просто вибирати зі списку Рис. 10;

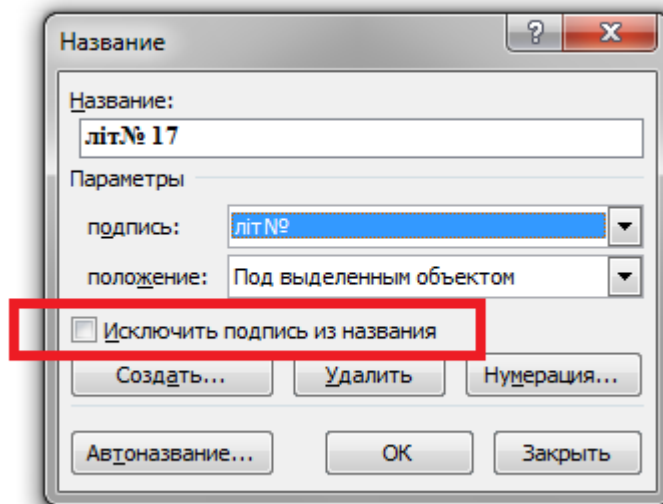


Рис. 10. Нумерація літературних посилань

4. відмітити поле «Виключити підпис з назви»;
5. при необхідності поставити крапку «.» біля номеру посилання;
6. закрити діалогове вікно кнопкою ОК;

Якщо літературних джерел декілька то з допомогою стандартних можливостей «WORD» копіювати номер «1.» до всіх літературних джерел. Виділити всі літературні джерела та натиснути клавішу F9. Після цього всі літературні джерела будуть пронумеровані.

Посилання на літературне джерело виконується за допомогою перехресних посилань. Номера літературних посилань вводяться в тексті в квадратні дужки. Тому в тексті потрібно позначити «[ ]», куди поставити курсор.

1. виконати команду меню Вставка → Перехресне посилання (в MS Word XP – Вставка → Посилання → Перехресне посилання);
2. у діалоговому вікні, що з'явилося, Перехресні посилання в полі Тип посилання вибрати «ЛІТ№»;

3. у поле «Вставити посилання на:» вибрати дані, які необхідно вставити в документ: при посиланні на літературу повинно бути –«Постійна частина й номер»;
4. у полі «Для якої назви» вибрати той елемент, на який потрібно посилання Рис. 21;

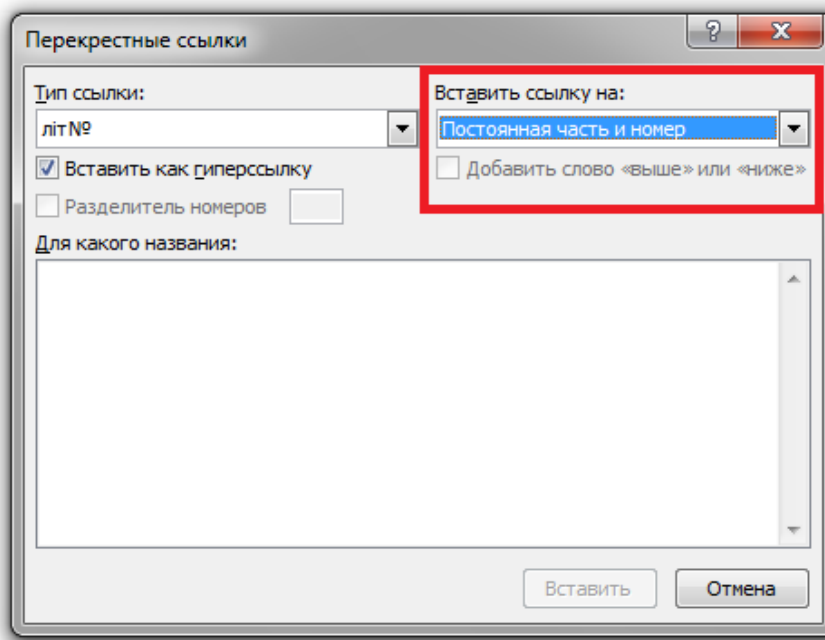



Рис. 21. Посилання на літературу

Таким чином виконуються всі посилання на літературні джерела в тексті документу.

### ***Вставка номерів у напис під рисунком***

Невеликі рисунки в документах повинні знаходитись в основному тексті. Як правило, під рисунком розташовується напис: слово «Рис.», номер малюнка і його назва. При цьому повинна бути забезпечена можливість вільного переміщення рисунка разом з написом під ним, так щоб вона не змішувалася з основним текстом. У колишніх версіях MS Word для цього використовувалися так звані кадри (Вставка → Кадр). У сучасних версіях Microsoft перейменувала цей засіб у Рамку (не плутати з Написами), а команду для їхньої вставки сховала. І це при тому, що є однойменний засіб, що служить для вставки горизонтальних і вертикальних рамок при створенні Web-сторінок (Формат → Рамки).

Потрібно зазначити, що замість рамок можна використати таблиці, що складаються з однієї комірки, і включати в них обтікання текстом, однак для налаштування параметрів рамки потрібно набагато менше викликів, ніж для налаштування параметрів таблиці. Тому що найкращим засобом розміщення

рисунка з написом під ним у тексті все-таки як і раніше є рамки. Для цього потрібно натиснути праву кнопку миші по будь-якій панелі інструментів й у контекстному меню вибрати пункт Настроювання. У діалоговому вікні, що з'явилося, Настроювання на вкладці Команди потрібно вибрати категорію Вставка, у списку Команди знайти  пункт, і перетягнути мишею цей пункт, утримуючи ліву кнопку в меню Вставка. Тепер, виконавши команду меню Вставка → Рамка, можна намалювати рамку від руки або вставити в неї попередньо виділений текст чи рисунок. Якщо в рисунок встановлене обтікання текстом (білі маркери при виділенні), то потрібно, відкривши вікно властивостей рисунка (Формат → Рисунок), установити на вкладці Положення тип обтікання В тексті. При виділенні такий рисунок має чорні маркери й окантовку, поводить ся як одна велика літера і його можна вставити в рамку (Вставка → Рамка). Для створення рисунка засобами MS Word необхідно попередньо виконати команду меню **Вставка** → **Об'єкт** → **Рисунок** Microsoft Word, а не малювати фігури безпосередньо в документі, інакше вони будуть перекривати текст. В MS Word XP при малюванні фігур автоматично створюється полотно.

Тепер можна створити напис під рисунком. Його прийнято розташовувати під рисунком, що ясно з назви, причому постійною його частиною є слово «Рис.». Іноді перед номером рисунка через крапку ставиться номер глави, наприклад «Рис. 1.2».

Для вставки напису під рисунком в рамці необхідно(Рис. 42):

1. виділити рисунок;



Рис. 32. Навантаження  $G_{11}$

2. виконати команду Назва в контекстному меню або в меню Вставка Рис. 43;

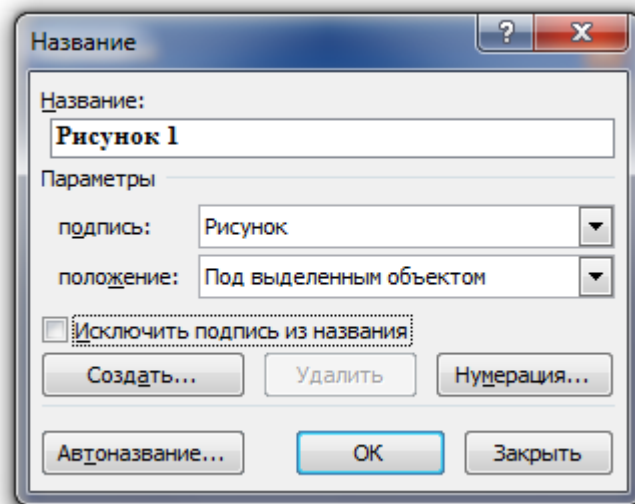


Рис. 43. Виклик команди Назва

3. створити постійну частину – «Рис.» (кнопка Створити). Пробіл після «Рис.» вводити не слід – він буде вставлений автоматично. Далі постійну частину («Рис.») можна буде просто вибирати зі списку;
4. вибрати положення Під виділеним об'єктом (Рис. 44);

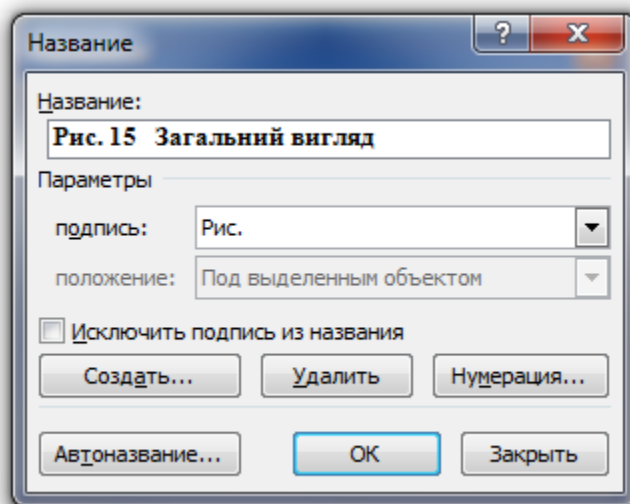


Рис. 54. Загальний вигляд

5. якщо в документі заголовки глав оформлені убудованим стилем «Заголовок 1» з нумерацією, то для автоматичного додавання номера глави потрібно натиснути кнопку Нумерація, у діалоговому вікні. В Нумерація назв потрібно встановити прапорець Включити номер глави й установити параметри: Починається зі стилю – Заголовок 1, Роздільник – крапка;
  6. текст назви можна вписати або в поле Назва, або безпосередньо в рамку.
- У результаті користувачу буде не потрібно постійно стежити за правильністю номерів малюнків і посилань на них по тексту. Це досягається



за допомогою так званих полів підстановки (кодів полів); відновлення відбувається автоматично при кожному відкритті або друці документа, а також провадиться вручну, шляхом виділення всього тексту й натискання клавіші F9.

Малюнки в книзі прийнято розташовувати ближче до зовнішніх полів. Вирівнювання малюнків праворуч або ліворуч, залежно від того, парні або непарної є сторінки, MS Word може підтримувати це автоматично. Для цього необхідно двічі клацнути по границі рамки або, клацнувши правою кнопкою по границі рамки, виконати команду контекстного меню в Формат рамки й установити необхідні параметри вирівнювання (Ліворуч, Праворуч, Від центра, Усередині, Зовні) у діалоговому вікні, що з'явилося.

Посилання на рисунок виконується з допомогою перехресних посилань.

### **КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ**

1. Що таке «Вибір стилю для створення структур»?
2. Поясніть призначення стилю для довільного фрагмента.
3. У якому в редакторі оформлюється текст у технічному документі? Основні вимоги до його оформлення.
4. Розкажіть про оформлення таблиць і рисунків у технічному документі.
5. Назовіть особливості оформлення формул у технічному документі.

**Література:** [5].

## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ НАВЧАЛЬНО-МЕТОЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

1. Основы методологии проектирования машин. Черков Л.Б. Изд-во "Машиностроения", М.; 1988.- 152 с.
2. Технологическое прогнозирование. Дж. Мартино, Изд-во "Прогресс". М. 1977. - 579 с.
3. Щербина В. Ю. Курс лекцій «Методологія проектування». - К.: Видавництво «ЕКМО», 2010. – 168с.: іл. 19.
4. В.Ю. Щербина, С.М. Чернега, Ю.М. Саміленко, С.В. Лелека. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму ПО КУРСУ «Методологія проектування» Розділ: Вибір перспективних проектних рішень. Електронний посібник. 2010. – 60с.: іл. 21.с
5. В.Ю. Щербина, С.М. Чернега, Ю.М. Саміленко, С.В. Лелека. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму ПО КУРСУ «Методологія проектування» Розділ: «Оформлення робочої та конструкторської документації» Електронний посібник. 2010. – 70с.: іл. 31.
6. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении. Семенов О.И. Изд-во "Высшая школа", Минск, 1986, с. 350.
7. Становление и сущность системного подхода. Бладберг И.В., Юдин Э.Г. Изд-во "Наука", М., 1973, с. 267.
8. САПР. Інтегрована система моделювання технологічних процесів і розрахунку обладнання хімічної промисловості: Навч. посіб. / О.С.Сахаров, В.Ю.Щербина, О.В. Гондлях, В.І. Сівецький. – К.: ТОВ "Поліграф Консалтинг", 2006. – 156с.: іл.
9. Методология проектирования оптических приборов: учеб. пособие / А.А. Шехонин, В. М. Домненко, О. А. Гаврилина – СПб: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2006. – 91 с.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
ТЕМА 1. МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ І ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ІНЖЕНЕРНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	5
ТЕМА 2. ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИ РОЗРОБЦІ НОВИХ МАШИН ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ ДІЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ .....	17
ТЕМА 3. СИСТЕМНИЙ ТА СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ МАШИН.....	27
ТЕМА 4. РІВНІ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗУ МАШИН.....	29
ТЕМА 5. ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ .....	33
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ НАВЧАЛЬНО-МЕТОЧНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	44

Електронне мережне навчальне видання

Казак Ірина Олександрівна

**МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ.  
Конспект лекцій з навчальної дисципліни**

*для підготовки магістрів, які навчаються за спеціальністю  
133 – «Галузеве машинобудування»,  
спеціалізація – «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання  
виробництв полімерних і будівельних матеріалів та виробів»  
заочної форми навчання*

Комп'ютерна правка та верстка – авторські